

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ
«КОРПУС ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА»

Выпускная квалификационная работа

по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 126

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации
и методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н. В. Бородина
«__» _____ 20__ г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ
«КОРПУС ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА»

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04
Профессиональное обучение (по отраслям)
Профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 126

Исполнитель:
студент группы ТО-403

А.Л. Соловьева

Руководитель:
доцент, к.т.н.

В.А. Штерензон

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 110 листов машинописного текста, 32 таблицы, 11 рисунков, 31 использованный источник, приложения на 12 листах, 36 формул, графическую часть на 8 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СТАНОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, КОНТРОЛЬНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, СЕБЕСТОИМОСТЬ ДЕТАЛИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА.

В данной работе разработан технологический процесс механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» с применением токарного станка с ЧПУ DMU CTX beta 500 и с использованием обрабатывающего центра с ЧПУ DMU 80P duoBLOCK.

Рассчитана сила зажима для закрепления детали на операции 010 Комплексная с ЧПУ в специальном приспособлении, подобраны контрольные приспособления для проверки точности размеров детали и качества поверхностей.

Разработана управляющая программа обработки детали на токарном станке DMU CTX beta 500 с использованием системы числового программного управления Siemens Sinumerik 840D.

В экономической части выпускной квалификационной работе представлен расчет экономических показателей разработанного технологического процесса.

В методической части рассмотрен вопрос повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор – наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением (ЧПУ)», разработана методика проведения занятия теоретического обучения с применением средств информационных технологий.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ			
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Соловьева А.Л.			Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Штерензон В.А.					3	110
Реценз.								
Н. Контр.		Суриков В.П.						
Утверд.		Бородина Н.В.						
					ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО, 1 ТМС ТО 402			

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	7
1.2. Анализ технологичности конструкции детали «Корпус червячного редуктора».....	9
1.3. Определение типа производства	12
1.4. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса	14
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА»	16
2.1. Выбор оптимального метода получения заготовки	16
2.2. Выбор технологических баз.....	19
2.3. Разработка технологического маршрута обработки детали.....	21
2.4. Выбор технологического обеспечения	24
2.4.1. Выбор технологического оборудования по операциям	25
2.4.2. Выбор режущего инструмента по операциям.....	29
2.5. Технологические расчеты	34
2.5.1. Расчет припусков	34
2.5.2. Расчет и назначение режимов резания	38
2.5.3. Расчет технических норм времени.....	40
2.6. Выбор и расчет станочного зажимного приспособления	42
2.6.1. Разработка технического задания	43
2.6.2. Силовой расчет приспособления.....	43
2.7. Выбор и расчет средств технического контроля	46
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	49
3.1. Основные сведения о системе с ЧПУ Siemens Sinumerik 840Di.....	49
3.2. Пульт оператора	51
3.3. Основные и вспомогательные функции ЧПУ	52

						Лист
					ДП 44.03.04.126. ПЗ	4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

На АО «Опытное конструкторское бюро «Новатор» принята к изготовлению новая деталь «Корпус червячного редуктора», которая ранее на заводе не производилась. Актуальность темы ВКР определяется противоречием между необходимостью выпуска детали в количестве 600 штук в год и отсутствием рабочего технологического процесса.

Цель выпускной квалификационной работы: разработать технологический процесс механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» для производственных условий АО «Опытное конструкторское бюро «Новатор».

Поставленная цель определила следующие задачи проекта:

- проанализировать исходные данные о детали;
- выбрать и обосновать способ получения заготовки;
- разработать маршрут и операции технологического процесса;
- разработать операцию механической обработки;
- разработать управляющую программу;
- выполнить экономическое обоснование проекта;
- разработать методическую часть.

В проектируемом технологическом процессе предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный инструмент, что позволит повысить производительность и качество обработки, снизить себестоимость изготовления детали.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Корпус червячного редуктора (в дальнейшем «Корпус») является базовой деталью одноступенчатого червячного редуктора, на которую устанавливают различные присоединяемые детали или сборочные единицы, точность относительного положения которых должна обеспечиваться как в статическом состоянии, так и в процессе эксплуатации.

Данная деталь представляет собой литой стальной корпус редуктора, который устанавливается в механизме управления машины. В корпус установлена червячная пара под углом 90° .

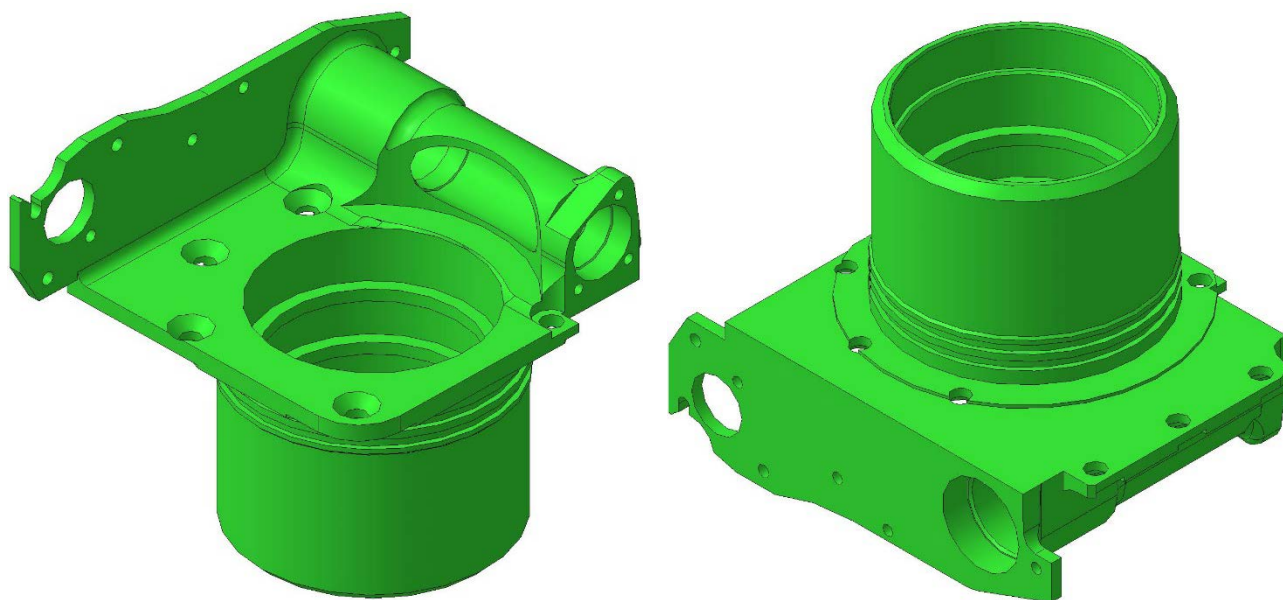


Рисунок 1 – 3D-модель детали «Корпус червячного редуктора»

Деталь «Корпус» (рис. 1) воспринимает высокие динамические знакопеременные нагрузки. В связи с особыми условиями эксплуатации, к таким изделиям предъявляются следующие требования: высокие характеристики прочности; надежности, жесткости, виброустойчивости. Кроме того, материал корпуса должен обеспечивать возможность работать в широком диапазоне температур. Конструкция детали должна быть герметичной и иметь минимально возможный вес.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.126. ПЗ

Лист

7

Основными поверхностями корпуса являются посадочные диаметры под подшипники на валах ($\varnothing 28H7$ мм, $\varnothing 90N7$ мм) и для установки крышки редуктора ($\varnothing 95H9$ мм). Эти поверхности должны быть обработаны с высокой точностью и высокими требованиями шероховатости, так как от них зависят правильность сборки и последующая работа всей сборочной единицы.

Второстепенными поверхностями являются поверхность $\varnothing 135H14$ мм и две канавки шириной 4 мм на $\varnothing 106,4$ мм. Эти поверхности должны быть обработаны с высокими требованиями шероховатости, так как они обеспечивают герметичность последующего соединения корпуса в механизме управления машиной.

Деталь «Корпус» необходимо обеспечить твердость HB 212...262. Все размеры и требования шероховатости должны соответствовать требованиям чертежа. Все технические требования по ГОСТ 2.316 – 2008.

Исходя из служебного назначения и условий работы, для изготовления детали выбирается материал 35ХГСЛ ГОСТ 977–88. Это легированная конструкционная литейная сталь. Данный материал применяется в машиностроении, авиастроении и станкостроении.

Рекомендуется применять такую сталь для изготовления валов, осей, зубчатых колес, фланцев и других деталей, работающих при температуре 200°C , рычагов, толкателей, ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках.

Данная сталь обладает высокой прочностью в сочетании с повышенными специальными свойствами при достаточном уровне пластичности и стойкости против хрупкого разрушения.

Химический состав стали 35ХГСЛ и ее механические свойства представлены в таблицах 1 – 2.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Таблица 1 – Химический состав стали 35ХГСЛ

Массовая доля элемента, %					
C	Si	Mn	S	P	Cr
0,3 - 0,4	0,6 - 0,8	1,0 – 1,3	до 0,04	до 0,04	до 0,04

Таблица 2 – Механические свойства стали 35ХГСЛ

σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_5 , %	ψ , %	α_n , Дж/м ²	НВ · 10 ⁻¹	
					После нормализации и отпуска	После закалки и отпуска
589	785	10	20	392	163 - 240	216 - 262

Таким образом, данная сталь является оптимальным вариантом для изготовления детали «Корпус», так как она обеспечивает необходимые эксплуатационные характеристики детали.

1.2. Анализ технологичности конструкции детали «Корпус червячного редуктора»

При разработке технологического процесса необходимо тщательным образом проанализировать конструкцию детали. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях [с. 58, 5], а также возможное повышение производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства.

Оценка технологичности изделия осуществляется по качественным и количественным показателям.

Качественная оценка технологичности сводится к выявлению достоинств и недостатков конструкции детали.

Достоинства:

- конфигурация детали и её материал позволяют применять наиболее прогрессивные методы получения заготовки;
- выбранная технологическая база обеспечивает требования хорошей устойчивости и надежной установки детали. В качестве

технологической базы используют цилиндрическая поверхность Ø42Н14 мм и торцевая поверхность размером 8 мм;

- заданные требования к точности размеров и формы детали соответствуют ее служебному назначению и технологическим возможностям станка;
- деталь имеет невысокие требования точности, что упрощает обработку;
- вся конструкция детали, за исключением пластины, является жесткой.

Недостатки:

- «Корпус» имеет сложную геометрическую форму, которая затрудняет применение высокопроизводительных методов обработки. На РЧД видно, что пластина является труднообрабатываемой. Также затрудняет обработку отверстия диаметром Ø28 мм и Ø95 мм с различными переходами по диаметрам, обработка мелких глухих резьбовых отверстий;
- материал заготовки трудоемкий и дорогой в обработке;
- конфигурация детали является достаточно уникальной, поэтому стандартизация и унификация не используются;
- затруднен подвод инструмента при обработке поверхностей Ø29 мм, Ø106,4 мм;
- сложность геометрической формы делает невозможным одновременную установку нескольких деталей на станке.

Таким образом, на основании качественной оценки можно сказать, что деталь «Корпус» в целом является технологичной.

Количественная оценка технологичности детали производится с помощью коэффициентов: коэффициента использования материала, коэффициента точности обработки и коэффициента шероховатости поверхностей детали.

Коэффициент использования материала определяется по формуле 1:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (1)$$

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

где M_d – масса детали по чертежу, кг;

M_3 – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3} = \frac{3,3}{5,6} = 0,59.$$

Коэффициент точности обработки детали:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} \geq 0,8, \quad (2)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности.

$$A_{ср} = \frac{\sum A \cdot n_i}{n_i}, \quad (3)$$

где A – соответствующий квалитет точности; n_i – число поверхностей данного квалитета точности.

$$A_1 = 7 \quad n_1 = 6$$

$$A_2 = 9 \quad n_2 = 2$$

$$A_3 = 8 \quad n_3 = 1$$

$$A_4 = 11 \quad n_4 = 4$$

$$A_5 = 12 \quad n_5 = 7$$

$$A_6 = 14 \quad n_6 = 102$$

$$A_{ср} = \frac{7 \cdot 6 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 12 \cdot 7 + 14 \cdot 102}{122} = 13,31;$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{13,31} = 0,92 \geq 0,8;$$

Коэффициент шероховатости поверхностей детали:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}} \geq 0,7, \quad (4)$$

где $B_{ср}$ – среднее числовое значение параметров шероховатости.

$$B_{ср} = \frac{\sum B \cdot n_{иш}}{n_{иш}}, \quad (5)$$

где B – соответствующий квалитет точности;

$n_{иш}$ – число поверхностей, составляющих шероховатость.

$$B_1 = 0,08 \quad n_{1ш} = 1$$

$$B_2 = 1,6 \quad n_{2ш} = 2$$

$$B_3 = 2,5 \quad n_{3ш} = 6$$

$$B_4 = 3,2 \quad n_{4ш} = 4$$

$$B_5 = 6,3 \quad n_{5ш} = 15$$

$$B_6 = 12,5 \quad n_{6ш} = 36$$

$$B_{ср} = \frac{0,08 \cdot 1 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 6 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 15 + 12,5 \cdot 36}{64} = 9,02;$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{9,02} = 0,89 \geq 0,7.$$

Значения коэффициента точности и шероховатости больше допустимого значения. Это говорит о том, что деталь обрабатывается с меньшей точностью и большей шероховатостью. Следовательно, по данным критериям деталь является технологичной.

1.3. Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004 – 83).

Тип производства влияет на построение технологических процессов изготовления деталей и организацию работы на предприятии [с. 24, 13]. Результатом выпускной квалификационной работы является разработанный технологический процесс, ориентированный на среднесерийное производство.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями. Серийное производство является основным типом машиностроительного производства и условно подразделяется на крупно-, средне-, и мелкосерийное производство.

Среднесерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися

партиями, и сравнительно большим объемом выпуска, в сравнении с единичным производством. В среднесерийном типе производства используется универсальное, специализированное и частично специальное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ. Технологическая оснастка в основном универсальная. Большое распространение имеет универсально-сборная, переналаживаемая и специальная технологическая оснастка, позволяющая существенно повысить коэффициент оснащенности серийного производства [с. 30, 8].

Тип производства выбирается исходя из массы детали и объема выпуска по таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость типа производства от объема выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства			
	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Исходя из данных, приведенных в таблице 3, при массе 3,3 кг и заданной годовой программе выпуска 600 шт/год выпуск детали имеет характер среднесерийного производства.

Согласно ГОСТ 14.312 – 74, групповая форма организации производства характеризуется периодическим запуском деталей партиями, что является признаком серийного производства и определяется по формуле 6:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (6)$$

где N – количество деталей в партии, шт.;

a – периодичность запуска, в днях (рекомендуется следующая периодичность запуска деталей: 3, 6, 12, 24 дня);

254 – количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{600 \cdot 24}{254} = 56,7 \text{ шт}$$

Принимаем $n = 57$ шт.

1.4. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса
Исходными данными, согласно заданию, являются рабочий чертеж детали «Корпус червячного редуктора» со всеми необходимыми техническими требованиями и годовая программа выпуска деталей (600 шт.).

Исходя из служебного назначения детали и на основании анализа чертежа можно сформулировать основные технологические задачи, которые необходимо решить при обработке детали «Корпус».

Обеспечить:

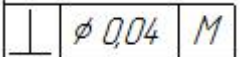
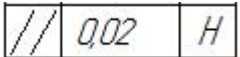
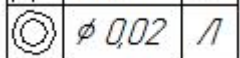
а) точность ответственных размеров:

- $\varnothing 90H7$ мм, $\varnothing 38H7$ мм, $\varnothing 28H7$ мм – по IT 7;
- $\varnothing 95H9$ мм, $\varnothing 110f9$ мм – по IT 9;
- $\varnothing 106,4h11$ мм, $\varnothing 82h11$ мм, $\varnothing 68h11$ мм – по IT 11;
- остальные размеры по IT 12-14;
- отклонения угловых размеров не более 7';

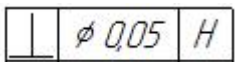
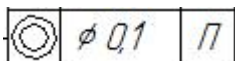
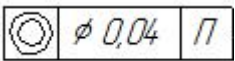
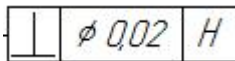
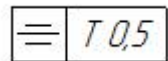
б) точность формы:

-  - допуск плоскостности торцевой поверхности $\varnothing 42H14$ мм не более 0,03 мм;

в) точность взаимного расположения:

-  - допуск перпендикулярности оси основных отверстий $\varnothing 38H7$ мм, $\varnothing 28H7$ мм относительно базы М не более 0,04 мм;
-  - допуск параллельности оси основных отверстий $\varnothing 38H7$ мм, $\varnothing 28H7$ мм относительно базы Н не более 0,02 мм;
-  - допуск соосности основных отверстий $\varnothing 28H7$ мм относительно базы Л не более 0,02 мм;

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ					

-  - допуск перпендикулярности оси основного отверстия Ø95H9 мм относительно базы Н не более 0,05 мм;
-  - допуск соосности основного отверстия Ø95H9 мм относительно базы П не более 0,1 мм;
-  - допуск соосности основного отверстия Ø90N7 мм относительно базы П не более 0,04 мм;
-  - допуск перпендикулярности оси основного отверстий Ø90N7 мм относительно базы Н не более 0,02 мм;
-  - допуск симметричности не более 0,5 мм;

г) качество поверхностного слоя:

- шероховатость поверхностей основных отверстий Ø95H9 мм и базы П
Ra = 0,08 мкм; Ø28H7 – Ra = 1,6 мкм;
- шероховатость поверхностей Ø90N7 мм, Ø38H7 мм, 5±1 мм, 4H14 мм, Ø106,4h11 мм, Ø9H12 мм – Ra = 2,5 мкм;
- остальные поверхности - Ra = 6,3 мкм, неуказанная шероховатость Ra = 12,5 мкм.

Все технические требования, предъявляемые к данному типу изделий, соответствуют техническим требованиям, представленным на чертеже.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА»

Технологический процесс изготовления детали должен соответствовать программе выпуска, типу производства и его организационно-техническим характеристикам, которые были рассмотрены выше.

Общие правила разработки технологических процессов определены по ГОСТ 14.301 – 83.

2.1. Выбор оптимального метода получения заготовки

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависит характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента и стоимость изготовления детали.

Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность изготавливаемой из нее детали, при минимальной себестоимости последней считается оптимальным.

В связи с тем, что для изготовления детали на предприятии предполагается применять сталь 35ХГСЛ, то заготовки будут получать литьем. Существует несколько разновидностей литья: литье в песчаные формы, в оболочковые формы, в кокиль, по выплавляемым моделям, литье под давлением, центробежное литье и другие специальные методы литья.

Эффективность выбора того или иного метода производства заготовок, зависит от полноты и правильности использования преимуществ определенного процесса получения заготовок с учетом его особенностей и недостатков в условиях конкретного производства, при этом необходимо

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ					

учитывать материал детали, точность размеров и шероховатость поверхностей, конфигурацию, размеры и массу детали [с. 25, 5].

В разрабатываемом технологическом процессе предлагается выполнить заготовку литьем в кокиль. Такой выбор обусловлен не только высоким коэффициентом использования, но и сложностью конфигурации детали (рис. 2).

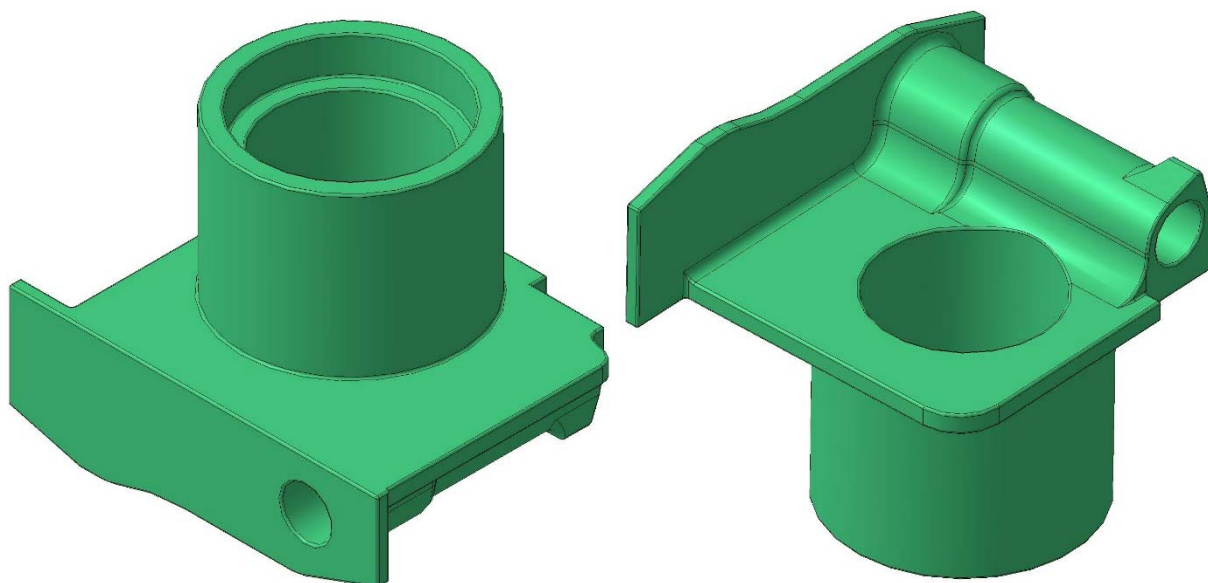


Рисунок 2 – 3D-модель заготовки детали «Корпус червячного редуктора»

Литье в кокиль, как и другие механические процессы, обладает преимуществами и недостатками. Ниже приведены преимущества литья в кокильную оснастку в сравнении с литьем в песчаные формы:

- а) Применение металлической формы обусловлено повышением качества отливки и стабильностью показателей качества, в частности; механических свойств, структуры, плотности, шероховатости и размерной точности;
- б) Широкие технологические возможности способа при производстве отливок со сложными внешними и внутренними поверхностями;
- в) Существенное повышение производительности труда и сокращение времени на механическую обработку детали;

- г) Улучшение условий труда и уменьшение загрязнений окружающей среды за счет устранения тяжелых и вредных операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки;
- д) Автоматизация и механизация процесса изготовления заготовок благодаря такому свойству кокилей, как оборачиваемость. В результате чего сокращается воздействие таких возмущающих факторов, влияющие на качество отливок при литье в песчаные формы, как влажность, прочность, газопроницаемость формовочной смеси, т.е. процесс литья в кокиль является более управляемым.

К основным недостаткам кокильного литья относятся:

- высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления;
- ограниченная стойкость кокиля;
- высокая интенсивность охлаждения расплава в кокиле;
- использование большого числа песчаных стержней, что может привести к снижению точности отливки и повышению шероховатости.

Отливки применяют для изготовления корпусных и других деталей сложной формы (корпусов, кронштейнов, стоек, фланцев и т.п.).

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300 – 500 штук для мелких отливок и 30 – 50 штук для крупных отливок. Этим способом можно получать отливки массой 0,27 – 7 тонн. Параметр шероховатости Ra 20 – 2,5 мкм.

Формы кокиля изготавливают из чугуна, стали, алюминия и меди. Мелкие кокили изготавливают из чугуна СЧ 32 – СЧ 52, средние из чугуна СЧ15 – СЧ 32, а крупные из стали 15.

В рамках данной работы рассматривается отливка со сложной поверхностью разъема.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для снятия внутренних напряжений стальные отливки подвергаются отжигу, а для улучшения механических свойств – гомогенизации, нормализации и закалке.

Припуски и допуски на стальные отливки определяются по ГОСТ 26645 – 85 в зависимости от габаритных размеров, класса точности размеров, типа сплава и способа литья.

Нормы точности для данной отливки определяется по ГОСТ 26645 – 85. В проектируемом технологическом процессе отливка имеет точность 8 – 0 – 9 – 9: класс размерной точности – 8, степень коробления ненормируемая, степень точности поверхности – 9, класс точности масс отливки – 9.

2.2. Выбор технологических баз

Выбор баз является одним из важнейших вопросов при разработке технологического процесса деталей, т.к. правильным выбором баз в значительной степени обеспечивается точность обработки детали.

К основным принципам и требованиям, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз, относятся следующие:

- 1) принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т.е. конструкторские базы используются для определения положения детали в изделии;
- 2) принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы;
- 3) требования хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

На основе анализа технических требований к изделию и условий его эксплуатации выявляют конструкторские и сборочные базы детали и устанавливают технологические базы для всех предполагаемых операций ее обработки; одновременно с этим устанавливают последовательность обработки отдельных поверхностей [с. 71, 8].

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

На представленных схемах базирования (рис. 3) видно, что на всех операциях технологического процесса соблюдается принцип совмещения баз.

2.3. Разработка технологического маршрута обработки детали

Технологический процесс изготовления детали должен соответствовать программе выпуска, типу производства и его организационно-техническим характеристикам, которые были определены выше.

В соответствии с ГОСТ 14.301-83 технологические процессы подразделяются на три вида: единичный, типовой и групповой. Технологический процесс изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства относится к единичному технологическому процессу. Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками называют типовым технологическим процессом. Групповой технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками [с. 132, 26].

В данной работе разработан вариант технологического процесса для среднесерийного производства, обеспечивающий выполнения всех требований чертежа и технических условий.

Основными задачами обработки резанием является изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных конструкторами материалов при минимально возможных производительных затратах. Согласно этим требованиям разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование, режущий и мерительный инструмент.

Обрабатываемые поверхности детали обозначены на рисунке 4.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

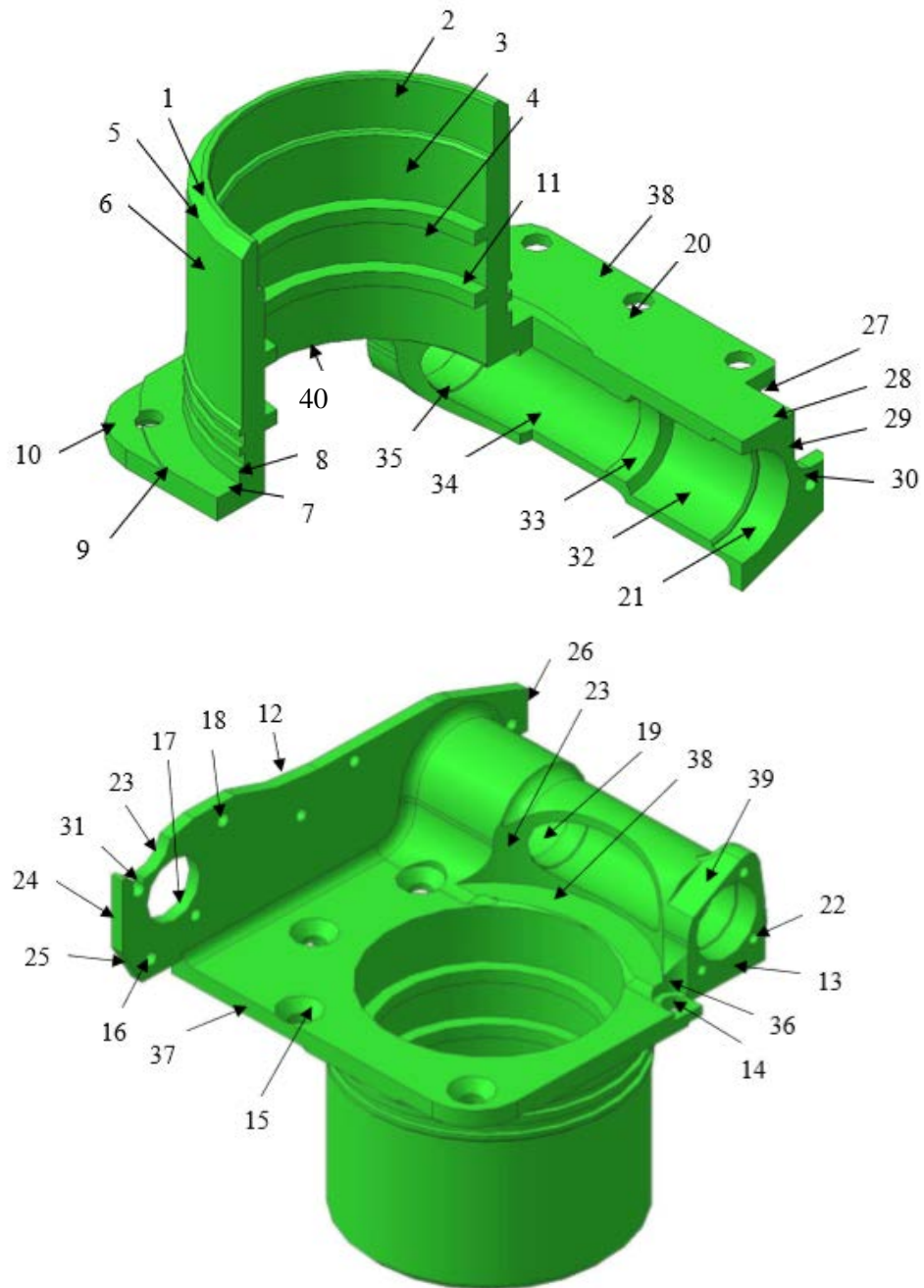


Рисунок 4 – Обозначение поверхностей для обработки детали «Корпус червячного редуктора»

Предлагаемый маршрут обработки детали «Корпус» и предлагаемое оборудование представлены в таблице 4, номера поверхностей в таблице согласно карт эскизов технологического процесса (Приложение Б).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 4 – Предлагаемый вариант технологического процесса

№ опер.	Наименование операции, оборудование	Содержание операции
1	2	3
005	Термическая, индукционный нагреватель ТВЧ	Закалка токами высокой частоты Калить НВ 216...262
010	Комплексная с ЧПУ, токарный станок DMU CTX beta 500	<p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить, закрепить заготовку; 2. Подрезать торец 1 в размер 91 мм; 3. Расточить предварительно поверхность 2 Ø94 мм в размер 18 мм, поверхность 3 Ø89 мм в размер 22 мм, поверхность 4 Ø80 в размер 50 мм; 4. Расточить поверхность 5 в размер 21 мм; 5. Расточить поверхность 11 Ø90 мм в размер 17 мм. <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Переустановить, закрепить заготовку; 7. Подрезать торец 1 в размер 82 мм; 8. Точить поверхность 5 в размер 4x45° мм, поверхность 6 Ø108 мм в размер 62±0,2 мм, поверхность 7 Ø110f9 мм; 9. Точить поверхность 9, 10 в размер 82h11 мм; 10. Расточить предварительно, окончательно поверхность 2 Ø95H9 мм в размер 18 мм; 11. Расточить предварительно, окончательно поверхность 3 Ø90N7 мм в размер 12. Точить 2 поверхности 8, выдерживая размеры 4H12, 10, 17 мм.
015	Комплексная на ОЦ с ЧПУ, 5-осевой обрабатывающий центр DMU 80 P duoBLOCK	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить, закрепить заготовку; 2. Фрезеровать поверхность 20 в размер 5 мм; 3. Фрезеровать поверхность 13, выдерживая размеры 48,5 и 43 мм; 4. Сверлить отв. Ø22 мм поверхности 17 на проход, выдерживая размер 131 мм; 5. Сверлить 3 отв. Ø5,5 мм на проход, выдерживая размеры 18, 25, 32, 50 мм; 6. Сверлить 4 отв. Ø5 мм на проход, выдерживая размеры 20, 26, 27, 28, 33, 52, 69 мм; 7. Фрезеровать поверхность 17 предварительно, окончательно; 8. Фрезеровать поверхность 31 в размер 5 мм; 9. Фрезеровать поверхности 24, 25, 26, выдерживая размеры 2, 16, 29, R12, 190 мм; 10. Фрезеровать поверхности 27, 28, 29, 30, выдерживая размеры 24, 14, R8 мм; 11. Фрезеровать отв. Ø37 и 34,95 мм поверхности 19, выдерживая размеры 12 и 45 мм; 12. Фрезеровать отв. Ø27 мм поверхностей 33, 35 на проход;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 4 – Предлагаемый вариант технологического процесса

1	2	3
		13. Фрезеровать отв. Ø29 мм поверхности 21 на глубину 9±0,8 мм 14. Фрезеровать отверстие поверхность 34 выдерживая размер 78 ±0,8 мм; 15. Расточить отв. Ø38H7 поверхности 19 в размер 12 мм; 16. Расточить отв. Ø28H7 поверхностей 33 и 35 на проход; 17. Фрезеровать резьбу М36 поверхности 19 в размер 38 мм; 18. Сверлить 4 отв. Ø8,4 мм поверхности 15 на проход; 19. Сверлить 4 отв. Ø9 мм поверхности 20 на проход, выдерживая размеры 26, 41, 82 мм; 20. Фрезеровать 4 фаски поверхности 15, выдерживая размер Ø17H14 мм; 21. Фрезеровать 4 паза поверхности 36, выдерживая размеры 26, 41±0,2, 82±0,2 мм; 22. Фрезеровать поверхности 37, 38, выдерживая размеры 35, 142±1, 162h12, R8, R20 мм; 23. Фрезеровать поверхности 23, выдерживая размер R58мм; 24. Расточить отв. Ø90N7 поверхности 5 в размер 22 мм предварительно, окончательно; 25. Фрезеровать поверхность 39, выдерживая размеры 12 мм, 30°; 26. Сверлить 3 отв. Ø4,9 мм поверхности 22 в размер 10 мм; 27. Нарезать резьбу 3 отв. М5 поверхности 22 в размер 8 мм.
020	Слесарная	Притупить острые кромки, снять заусенцы.
025	Контрольная	

2.4. Выбор технологического обеспечения

Под выбором технологических средств обеспечения подразумевается выбор технологического оборудования, технической оснастки, средств механизации и автоматизации для каждой из операций технологического процесса.

Выбор металлорежущего оборудования обусловлен типом производства. В проектируемом технологическом процессе среднесерийный тип производства, поэтому применяются станки с ЧПУ и современный высокопроизводительный металлорежущий инструмент, что объясняется

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

сокращением подготовительно – заключительного времени, повышением точности и жесткости обработки.

2.4.1. Выбор технологического оборудования по операциям

При выборе технологического оборудования принято руководствоваться принятыми методами обработки поверхностей (фрезерование, растачивание, точение, сверление). При этом необходимо учитывать технологические возможности и технические характеристики станка.

Для точения цилиндрической части детали и растачивания главного отверстия на операции 010 выбран токарный станок DMU CTX beta 500 (рис. 5).

Преимуществами станков серии DMU CTX являются следующие характеристики:

- модульная блочная конструкция с диаметром обточки от 200 до 600 мм и длиной обточки от 335 до 2000 мм;
- револьверная головка с приводными инструментами и осью С в стандартном исполнении;
- в дополнительной комплектации есть противопиндель для комплексной 6-сторонней обработки.



						Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ	

Рисунок 5 – токарный станок DMU CTX beta 500

Технические характеристики токарного станка представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики станка DMU CTX beta 500

Модель:	DMU CTX beta 500
1	2
Инструментальный магазин	
Емкость инструментального магазина, шт	12
Мощность	
Мощность двигателя, кВт	35
Мощность привода шпинделя, кВт	35
Подача	
Ускоренный ход по X, м/мин	30000
Ускоренный ход по Z, м/мин	30000
Рабочие параметры	
Макс. диаметр точения, мм	410
Макс. длина заготовки при обработке в центрах (обрабатываемая), мм	550
Шпиндель	
Макс. диаметр зажимного патрона, мм	400
Макс. частота вращения шпинделя, об/мин	6000
Макс. внутренний диаметр зажимной втулки, мм	104

Для комплексной обработки остальных поверхностей выбран 5-осевой обрабатывающий центр DMU 80 P duoBLOCK (рисунок 6, 7).

Преимущества станков серии DMU duoBLOCK:

- могут поставляться в токарно-фрезерном исполнении;
- максимальная точность обработки деталей благодаря комплексным мерам;
- высокая жесткость для максимально эффективной обработки, оптимизация на основе гармонического анализа;
- низкое энергопотребление благодаря применению интеллектуальных агрегатов.

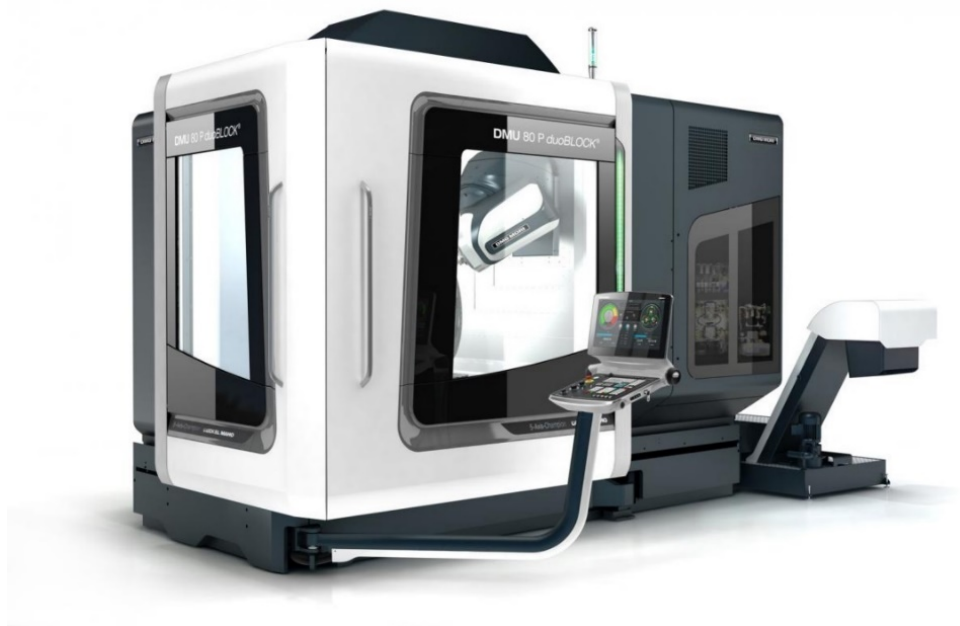


Рисунок 6 – 5-осевой обрабатывающий центр с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK

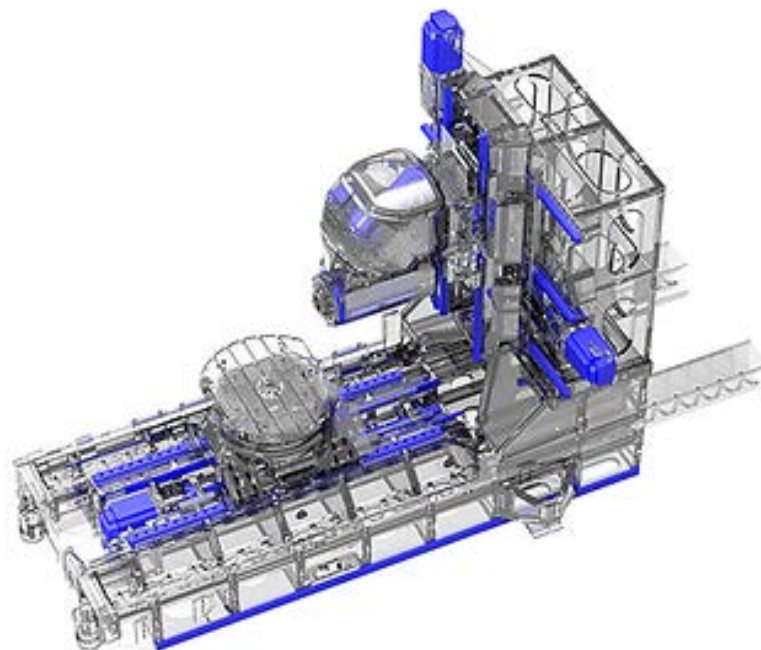


Рисунок 7 – Устройство 5-осевого обрабатывающего центра с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.126. ПЗ

Лист

27

Технические характеристики обрабатывающего центра с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики обрабатывающего центра с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK

Модель:	DMU 80 P duoBLOCK
Рабочая зона	
Оси X/Y/Z, мм	800×1050×850
Расстояние от центра шпинделя до стола	
Фрезерные головки, горизонтальные, мм	от 50 до 900
Расстояние между передним концом шпинделя и концом	
Фрезерные головки, вертикальные, мм	от -300 до 750
Расстояние между передним концом шпинделя и концом	
Фрезерные головки, горизонтальные, мм	от -200 до 850
Фрезерные головки, вертикальные, мм	от -150 до 1000
Стол/зажимная поверхность/инструменты	
Поворотный стол с ЧПУ, об/мин	40
Размер стола, мм	Ø800
Максимальная нагрузка на стол, кг	1500
Наклонная фрезерная голова с ЧПУ (ось В)	
Диапазон наклона (0 = по вертикали /180 = по горизонтали), °	-30 – 180 (Стандарт)
Быстрый ход и подача, об/мин	30
Опции: осей	
Наклонная фрезерная голова с ЧПУ	
Диапазон наклона (0 = по вертикали / -90 = по горизонтали), °	-120 / +10
Быстрый ход и подача, об/мин	30
Главный привод	
Интегрированный мотор – шпиндель SK40, об/мин	15000
Мощность	25
Устройство смены инструмента	
Держатели инструмента	SK 40 / HSK-A63
Инструментальный магазин	40 (63 / 123) позиций
Линейные оси (X/Y/Z)	
Скорость быстрого хода/подачи, мм/мин	60
Ускорение, м/с ²	7
Сила подачи, кН	13/13/9
Мощность	
Мощность двигателя, кВт	35
Мощность привода шпинделя, кВт	35

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2.4.2. Выбор режущего инструмента по операциям

Актуальность проблемы снижения трудоемкости операций механической обработки и снижения себестоимости изготовления изделий с выполнением требуемого уровня качества предполагает поиск путей оптимизации технологических процессов обработки с учетом возможностей, предоставляемых современным высокопроизводительным инструментом.

На настоящий момент на рынке металлорежущего инструмента представлен большой ассортимент воспроизводительного инструмента различных производителей, чей инструмент позволяет изготавливать деталь с высокой точностью и качеством поверхностей. При выборе режущего инструмента уделяется особое внимание на качество изготовления инструмента, его стойкость при различных видах обработки поверхностей в зависимости от материала детали, а также его стоимость [с. 52, 20].


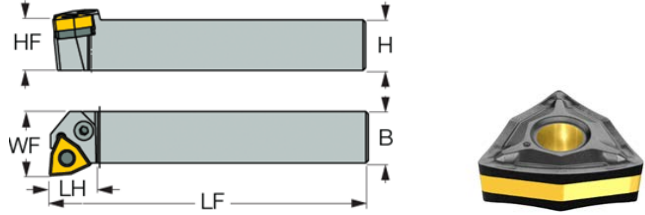

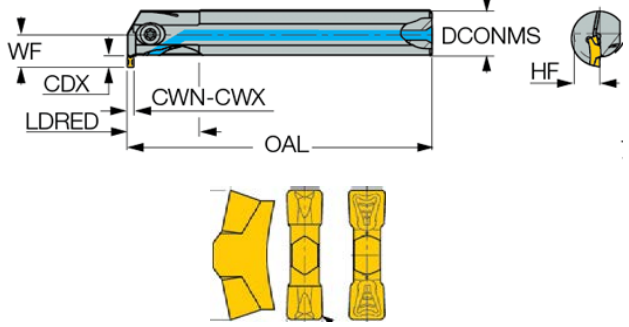
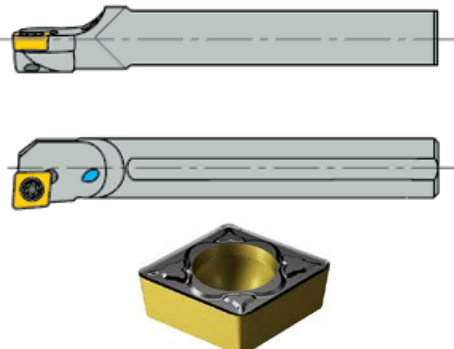
Для механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» предполагается выбрать основной режущий инструмент марки Sandvik Coromant и ISCAR. Весь инструмент выбирается из уже имеющегося на предприятии инструмента.

Инструмент имеет высокую износостойкость и отличное качество, что сильно влияет как на производительность обработки, так и на точность и качество поверхностей детали. Пример выбора инструмента находится в Приложении Г.

Перечень инструментов, используемых для обработки детали «Корпус червячного редуктора» представлен в таблице 7.



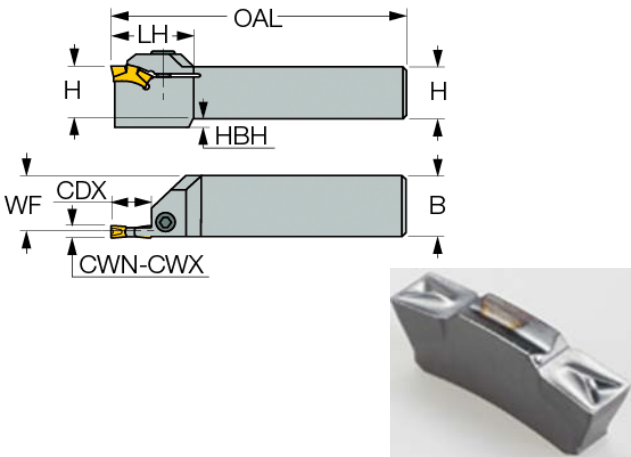
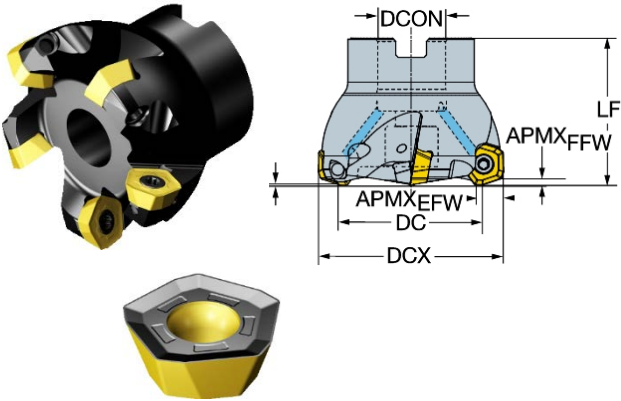
					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 7 – Список металлорежущего инструмента, применяемого для обработки детали «Корпус червячного редуктора»

№	Наименование инструмента	Изображение
1	2	3
1	Резец SANDVIK Coromant A25T SDUR11 – HR Пластина DCMT11T308 PR4325 Покрытие CVD (Ti(C, N)+Al ₂ O ₃ +TiN)	
2	Резец ISCAR PWLNL 2525 M06 Пластина WVNMG 060404 – MA	
3	Расточная головка SANDVIK Coromant BR10 – 91CC 12F – C5 Пластина CCMT120408 – UM4325 Покрытие CVD (Ti(C, N)+Al ₂ O ₃ +TiN)	
4	Резец канавочный ISCAR TGIR 25C – 3 Пластина TGMF – 304 IC908 Покрытие PVD (TiAlN)	
5	Резец SANDVIK Coromant S16Q SCL CL - 09 Пластина CCMT 09T308 – PM 4025 Покрытие CVD (Ti(C, N)+Al ₂ O ₃ +TiN)	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 7 – Список металлорежущего инструмента, применяемого для обработки детали «Корпус червячного редуктора»

1	2	3
6	Резец канавочный SANDVIK Coromant LF151.23 – 2525 – 50M1 Пластина N151.2 – 500 – 5E 4125 Покрытие CVD (Ti(C, N)+Al ₂ O ₃ +TiN)	
7	Резец A25T SVPBR 16 SANDVIK Coromant Пластина VBMT160412 UM4325 Покрытие CVD (Ti(C, N)+Al ₂ O ₃ +TiN)	
8	Резец канавочный ISCAR TGDL 2525 – 3M Пластина TGMF – 302	
9	Фреза торцевая SANDVIK Coromant 419 419 – 054Q22 – 14H Пластина 419R – 1405M – PM4230	

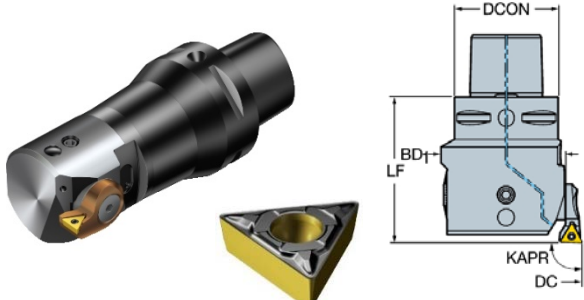
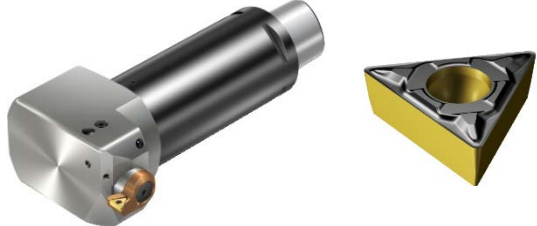
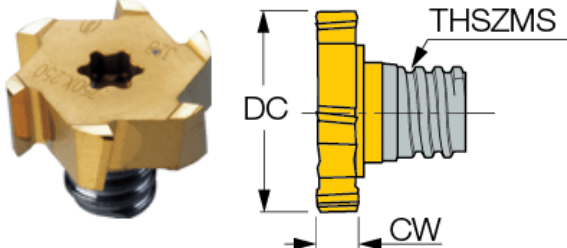
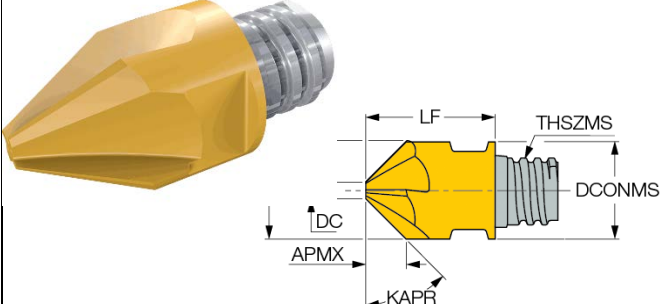
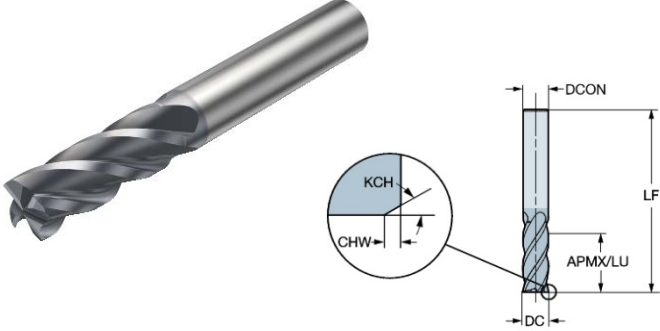
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 7 – Список металлорежущего инструмента, применяемого для обработки детали «Корпус червячного редуктора»

1	2	3
10	Фрезы концевые Ø12,7; Ø16 SANDVIK Coromant 2F342 – 1600 – 050 – PC1730 Покрытие (PVD AlCrN)	
11	Фреза концевая Ø20 SANDVIK Coromant 2N342 – 2000 – PC1730 Покрытие PVD AlCrN	
12	Резьбофреза Ø12,7 SANDVIK Coromant R217.15 – 140100AC26N 1630 Покрытие PVD (Ti,Al)N2	
13	Расточная головка SANDVIK Coromant 825 – 29TC06 – EN20 Пластина TCMТ 06T104 – PF 4325 Покрытие CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN	

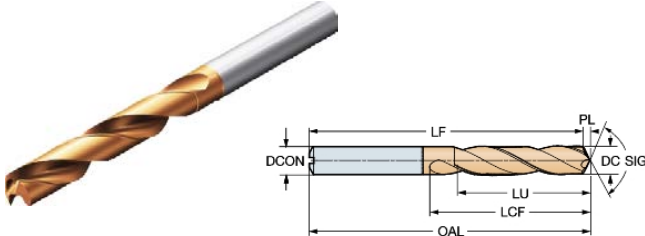
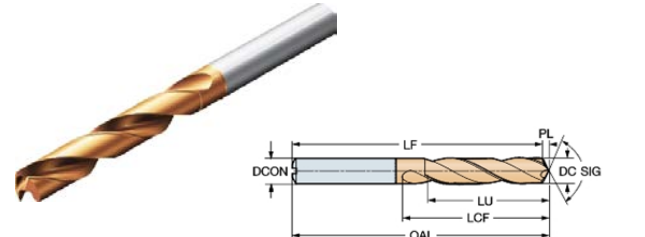
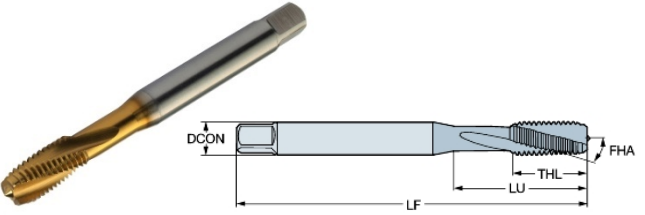

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 7 – Список металлорежущего инструмента, применяемого для обработки детали «Корпус червячного редуктора»

1	2	3
14	Расточная головка SANDVIK Coromant 825 – 45TC09 – C3 Пластина TCMТ 09 02 04 PF 4325 Покрытие CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN	
15	Расточная головка SANDVIK Coromant 825L – 107TCII – C5 Пластина TCMТ 11 03 04 – PF 4325 Покрытие CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN	
16	Фреза Т – образная ISCAR MM TS225 – H50D – 06T08	
17	Зенковка ISCAR MM ECF60 – 08/250 – 6T15	
18	Фреза концевая Ø5 SANDVIK Coromant 2P342 – 0500 – PA 1730 Покрытие PVD AlCrN	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 7 – Список металлорежущего инструмента, применяемого для обработки детали «Корпус червячного редуктора»

1	2	3
19	Сверла Ø8,4; Ø9 SANDVIK Coromant 860.1 – 0900 – 031A0 – PM 860.1 – 0840 – 031A0 – PM Покрытие PVD (Ti,Al)N	
20	Сверла Ø4,9; Ø5; Ø5,5 SANDVIK Coromant 860.1 – 0490 – 019A0 - PM 860.1 – 0500 – 019A0 - PM 860.1 – 0550 – 019A0 – PM Покрытие PVD (Ti,Al)N	
21	Метчик M5 SANDVIK Coromant E212M5 Покрытие PVD TiN	
22	Сверло Ø22 SANDVIK Coromant 870 – 2200 – 22L25 - 3	

2.5. Технологические расчеты

2.5.1. Расчет припусков

Одной из главных задач, решаемых при проектировании технологии изготовления детали, является обеспечение требуемого качества при минимальных затратах ресурсов. В условиях высокой стоимости материалов проблема снижения материалоемкости производства особенно актуальна.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Одним

из путей уменьшения затрат на изготовления изделия является уменьшение припусков на обработку. Помимо роста материальных затрат, используемых для изготовления заготовки со стоимостью материала, завышенные значения припусков ведут к росту трудоемкости и энергозатрат, а также к снижению эффективности использования оборудования, что в конечном итоге ведет к росту изготовления изделия.

Для поверхности Ø95Н9 мм, к которой предъявляются самые высокие требования точности и качества, выполним расчет припусков расчетно-аналитическим методом. Все результаты расчетов представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности отверстия Ø95Н9 мм

Технологические переходы обработки поверхности отверстия	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск T, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	R_z	h	ρ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}^{пр}$	$2Z_{max}^{пр}$
Заготовка	160	200	293	-	-	93,139	0,87	92,27	93,14	-	-
Черновое растачивание	50	50	14,65	90	2·653	94,445	0,35	94,10	94,45	1,31	1,83
Чистовое растачивание	20	20	5,86	90	2·191	94,827	0,14	94,69	94,83	0,38	0,59
Тонкое растачивание	5	5	-	90	2·130	95,087	0,087	95,00 0	95,087	0,257	0,310

Значения R_z, h находятся по таблице 7 [с. 182, 5] (R_z – высота неровностей профиля поверхности, h – глубина дефектного слоя); ρ, ε можно найти по таблице 36, 40 [с. 78, 5] (ρ – пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, ε – погрешность установки детали в приспособлении).

Определение расчетного минимального припуска на обработку:

$$2Z_{i\min} = 2 \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (7)$$

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left(160 + 200 + \sqrt{293^2} \right) = 2 \cdot 653 \text{ мкм};$$

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{14,65^2 + 90^2} \right) = 2 \cdot 191 \text{ мкм};$$

$$2Z_{4\min} = 2 \cdot \left(20 + 20 + \sqrt{5,86^2 + 90^2} \right) = 2 \cdot 130 \text{ мкм}.$$

Определение расчетного размера для каждого перехода:

$$D_{p4} = 95,087 \text{ мм};$$

$$D_{p3} = 95,087 - (2 \cdot 130) \cdot 10^{-3} = 94,827 \text{ мм};$$

$$D_{p2} = 94,827 - (2 \cdot 191) \cdot 10^{-3} = 94,445 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = 94,445 - (2 \cdot 653) \cdot 10^{-3} = 93,139 \text{ мм}.$$

Определяются значения допусков на заготовку по ОСТ 5.0004 – 70, на чертежный размер детали и на промежуточные размеры в соответствии с качествами, получаемые на технологических переходах [с. 120, 5].

Определение предельных значений максимальных и минимальных припусков:

$$2Z_{i\min}^{\text{пп}} = D_{\max} - D_{\max i-1} \quad (8)$$

$$2Z_{4\min}^{\text{пп}} = 95,087 - 94,83 = 0,257 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\min}^{\text{пп}} = 94,83 - 94,45 = 0,38 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\min}^{\text{пп}} = 94,45 - 93,14 = 1,31 \text{ мм}.$$

$$2Z_{i\max}^{\text{пп}} = D_{\min} - D_{\min i-1} \quad (9)$$

$$2Z_{4\max}^{\text{пп}} = 95,00 - 94,69 = 0,310 \text{ мм};$$

$$2Z_{3\max}^{\text{пп}} = 94,69 - 94,10 = 0,59 \text{ мм};$$

$$2Z_{2\max}^{\text{пп}} = 94,10 - 92,27 = 1,83 \text{ мм}.$$

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Определение общих припусков:

$$2Z_{\text{mino}}^{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{mini}}^{\text{пр}} = 0,257 + 0,38 + 1,31 = 0,947 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{maxo}}^{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{maxi}}^{\text{пр}} = 0,310 + 0,59 + 1,83 = 2,73 \text{ мм.}$$

Расчет общего номинального припуска:

$$2Z_{\text{оном}} = 2Z_{\text{оmin}} + \text{ESD}_{\text{заг}} - \text{ESD}_{\text{д}} = 0,947 + \left(\frac{0,87}{2}\right) - 0,087 = 1,295 \text{ мм}$$

Ниже представлена схема расположения припусков, допусков и промежуточных размеров (рис. 8).

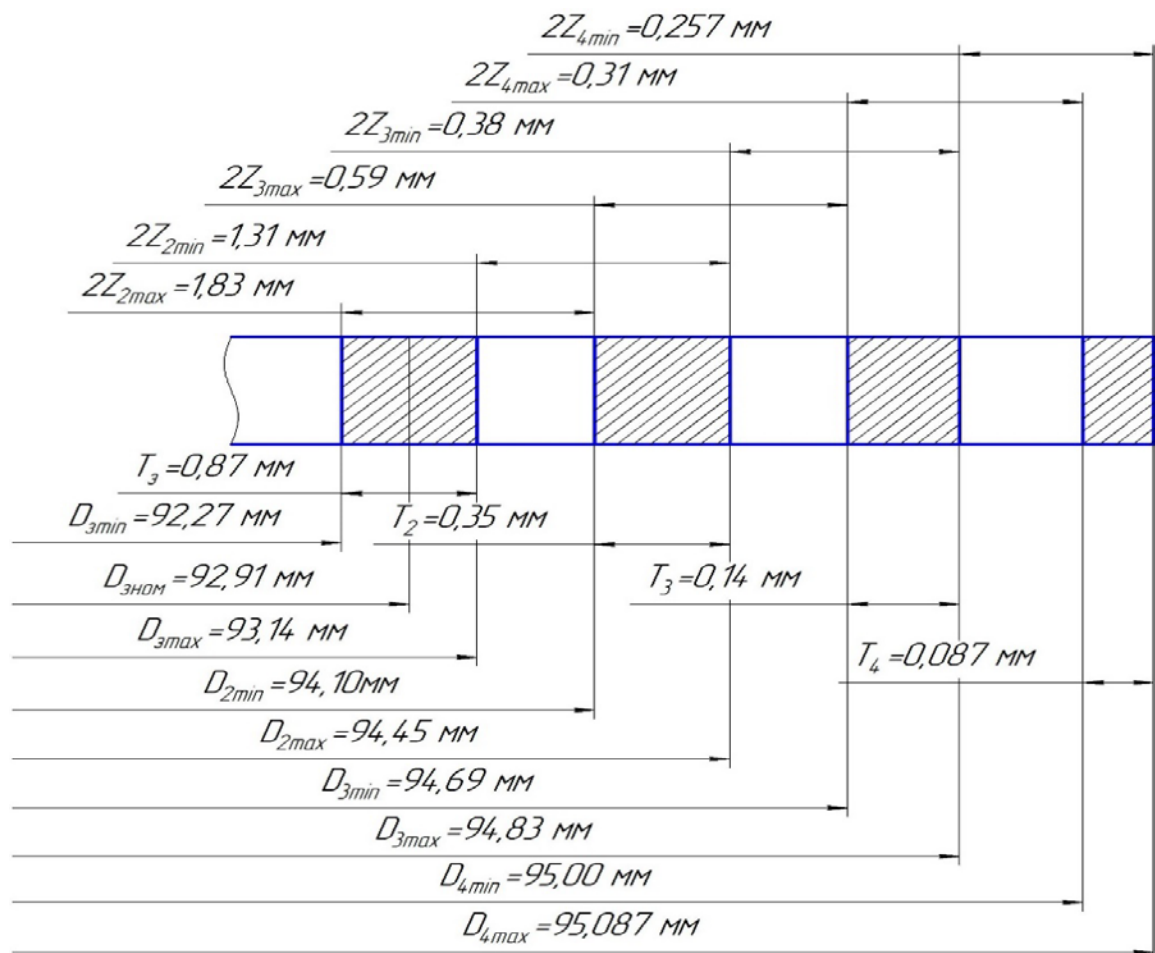


Рисунок 8 - Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\text{Ø}95\text{H}9$ мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

На остальные обрабатываемые поверхности детали припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры назначаются опытно-статистическим путем по ОСТ 5.0004 – 70 (таблица 9). На основании расчета величин припусков определяются предельные размеры заготовки и окончательно оформляется рабочий чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТов.

Таблица 9 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Размер, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	Предельное отклонение, мм	
			верхнее	нижнее
194	1,8	2	+1,8	0
92	0,8	2	+0,4	-0,4
Ø93,14	0,87	0,93	+0,87	0
Ø113	1,6	1,5	+0,8	-0,8
10	0,8	2	+0,4	-0,4
166	1,8	2	+0,9	-0,9
83	0,75	2	+0,75	0
45	0,6	2	+0,6	0
137,5	1,4	2	+0,7	-0,7
146	1,6	2	+0,8	-0,8
Ø26	1,0	1	+0,5	-0,5
Ø77	1,4	1,5	+0,7	-0,7

2.5.2. Расчет и назначение режимов резания

После выбора инструмента осуществляется выбор режимов резания. Режимы резания принимаются по рекомендации производителя из каталога инструмента, в зависимости от его типа, геометрии и выбранного материала режущей части [30], [31]. При необходимости выполняют корректировку режимов резания. Все режимы резания представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Режимы резания по операциям

№ п/п	Подача на зуб фрезы, F_z , мм/зуб	Подача на оборот, F_n , мм/об	Подача минутная, F_m , мм/мин	Частота оборотов, n , об/мин	Скорость резания, V , м/мин	Глубина резания a_p , мм	Число проходов
Операция 010 Комплексная с ЧПУ							
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	0,65	448,82	690,49	245	1	1
3	-	0,36	339,02	941,72	275	1,5	1
4	-	0,18	168,07	933,70	258	1,46	3
5	-	0,13	36,19	278,37	118	3	6
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	0,23	170,91	743,10	315	1	1
8	-	0,46	340,47	740,15	251	1	2
9	-	0,08	25,48	318,47	110	1	2
10	-	0,3	335,46	1118,19	316	0,25	1
13	-	0,18	233,12	1295,12	366	0,25	1
14	-	0,09	43,64	484,89	162	3	2
Операция 015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ							
1	-	-	-	-	-	-	-
2	0,775	-	6680	1780	245	2	2
3	0,166	-	6640	1720	217	2	2
4	0,33	-	6640	1730	110	11	1
5	0,33	-	5500	5150	205	2,75	1
6	0,3	-	2590	2380	210	2,5	1
7	0,166	-	1930	3500	360	2,5	1
8	0,029	-	1212	2380	179	2,5	1
9	0,08	-	1980	4910	146	2	1
10	0,083	-	1620	2750	181	20	2
11	0,1	-	2590	5150	259	5	1
12	0,2	-	5500	6180	334	1,4	1
13	0,9	-	6640	6980	351	0,5	1
14	0,06	-	2150	5150	250	0,5	1
15	0,093	-	1620	3200	320	0,25	1
16	0,086	-	2150	4380	440	0,25	1
17	0,154	-	1470	3840	141	0,525	2
18	0,29	-	2150	4900	195	4,2	1
19	0,28	-	1470	4540	198	4,5	1
20	0,25	-	1200	830	24	8,5	1
21	0,08	-	1980	4910	196	2	1
22	0,166	-	4320	6380	360	2	1
23	0,14	-	1290	2900	182	8	3
24	0,108	-	4230	4310	472	0,25	1
25	0,097	-	4410	5180	264	12	1
26	0,28	-	4410	5900	183	2,05	1
27	0,8	-	1200	830	32,6	0,45	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.126. ПЗ

Лист

39

2.5.3. Расчет технических норм времени

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях среднесерийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени по формуле 10:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (10)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;
 n – количество деталей в партии, шт [с. 110, 12].

Штучное время определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{обс} + T_{отл}, \quad (11)$$

где T_0 – основное время, мин;
 $T_в$ – вспомогательное время, мин;
 $T_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, мин;
 $T_{отл}$ – время на личные надобности, мин [с. 111, 12].

$$T_0 = \frac{l \cdot i}{S_m}, \quad (12)$$

где l – расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм;
 i – число рабочих ходов;
 S_m – минутная подача, мм/мин [с. 112, 12].

$$T_в = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из}, \quad (13)$$

где $T_{у.с.}$ – время на установку заготовки, мин;
 $T_{з.о.}$ – время на закрепление и открепление заготовки, мин;
 $T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;
 $T_{из}$ – время на измерение детали, мин [с. 114, 12].

В данном случае необходимо привести аналитический расчет штучного времени для операции 010 Комплексная с ЧПУ. Основное время рассчитывается автоматически при выборе режимов резания на сайте производителя. Основное время по переходам:

Переход 1. $T_0 = 0$ мин;

Переход 2. $T_0 = 0,04$ мин;

Переход 3. $T_0 = 0,41$ мин;

Переход 4. $T_0 = 0,43$ мин;

Переход 5. $T_0 = 1,16$ мин;

Переход 6. $T_0 = 0$ мин;

Переход 7. $T_0 = 0,07$ мин;

Переход 8. $T_0 = 0,56$ мин;

Переход 9. $T_0 = 3,45$ мин;

Переход 10. $T_0 = 3,13$ мин;

Переход 11. $T_0 = 0,07$ мин;

Переход 12. $T_0 = 0,09$ мин;

$$\sum T_0 = 0,04 + 0,41 + 0,43 + 1,16 + 0,07 + 0,56 + 3,45 + 3,13 + 0,07 + 0,09 = 9,41 \text{ мин.}$$

Вспомогательного времени по всем переходам: $T_B = 1,07$ мин.

Время на обслуживание станка: $T_{\text{обс}} = 0,36$ мин.

Время на личные надобности: $T_{\text{отл}} = 0,26$ мин.

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = 9,41 + 1,07 + 0,37 + 0,26 = 11,10 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время обработки:

$$T_{\text{шт.к.}} = 11,10 + \frac{24}{57} = 11,52 \text{ мин.}$$

Расчет норм времени сводится в таблицу 11.

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблица 11 – Расчет технических норм времени

Наименование операции	t_0	t_B			$t_{0б}$	$t_{0т}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	n, шт	$t_{ш-к}$
		$t_{ус}$	$t_{уп}$	$t_{из}$						
010 Комплексная с ЧПУ	9,41	0,61	0	0,32	0,36	0,26	11,1	24	57	11,52
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	20,77	1,5	0	1,46	0,81	0,93	24,89	24		24,94

2.6. Выбор и расчет станочного зажимного приспособления

Для обработки детали «Корпус червячного редуктора» применяются специальные приспособления, которые обеспечивают требования хорошей устойчивости и надежного закрепления детали во время обработки ее на станке. Одно из приспособлений представлено на рисунке 9.

Перед установкой приспособления в токарный патрон деталь (1) устанавливается на основание приспособления (2) и на призму (3), которая регулируется пружиной (4). После этого, деталь прижимается пластиной (5), которая притягивается четырьмя болтами (6) к основанию (2).

Таким образом, деталь установлена и закреплена в приспособлении, обеспечивая ее надежную установку и полное базирование.

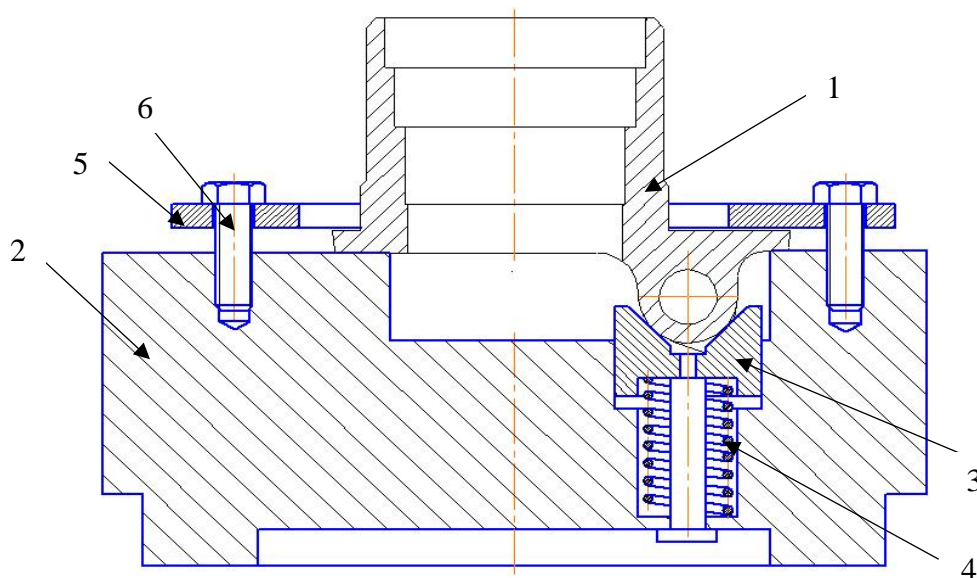


Рисунок 9 – Эскиз приспособления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2.6.1. Разработка технического задания

Проектирование средств технологического оснащения начинается с подготовки технического задания в соответствии с ГОСТ 15.001-73. Оно разрабатывается на основании операционной карты и карты эскизов.

Техническое задание на проектирование приспособления

- 1) Данное приспособление предназначается для закрепления заготовки на токарном станке с ЧПУ DMU CTX beta 500 для обработки поверхностей $\varnothing 94,45H12$, $\varnothing 80H12$ мм, $\varnothing 89H11$ мм;
- 2) Необходимо обеспечить точность установки заготовки в приспособлении по 10 квалитету, постоянство положения в нем, а также точность инструмента;
- 3) Программа выпуска – 600 шт;
- 4) Входные данные о заготовке, поступающей на операцию: материал – сталь 35ХГСЛ; диаметры, которые необходимо обработать $\varnothing 93,14$ мм, $\varnothing 77$ мм; $\varnothing 113$ мм длины ступеней отверстия 19 мм и 53 мм соответственно;
- 5) Выходные данные: $\varnothing 94H12$ мм, $\varnothing 80H10$ мм, $\varnothing 89H10$ мм, $\varnothing 109H14$ мм, $\varnothing 11H12$ мм длины ступеней отверстия 18 мм, 30 мм и 23 мм соответственно, шероховатость $Ra = 6,3$ мкм;
- 6) Необходимые технические параметры станка приведены в таблице 5;
- 7) Характеристика режущего инструмента: приведены в таблице 7;
- 8) Количество переходов – 12, режимы резания приведены в таблице 10, $t_{шт} = 11,52$ мм.

2.6.2. Силовой расчет приспособления

Необходимо рассчитать составляющие силы резания, уточнить их направление и точки приложения на расчетной схеме.

Рассчитывается сила зажима, учитывается масса заготовки и составляющие силы резания. По найденной силе зажима в зависимости от конструкции заготовки, вида оборудования и типа производства выбираются

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

зажимные механизмы и рассчитываются параметры силового привода [с. 104, 6].

В данном случае необходимо рассчитать силу зажима заготовки в приспособлении для подрезания торца $\varnothing 113$ мм / $\varnothing 93,14$ мм. Для этого необходимо составить расчетно-силовую схему приспособления (рис. 10).

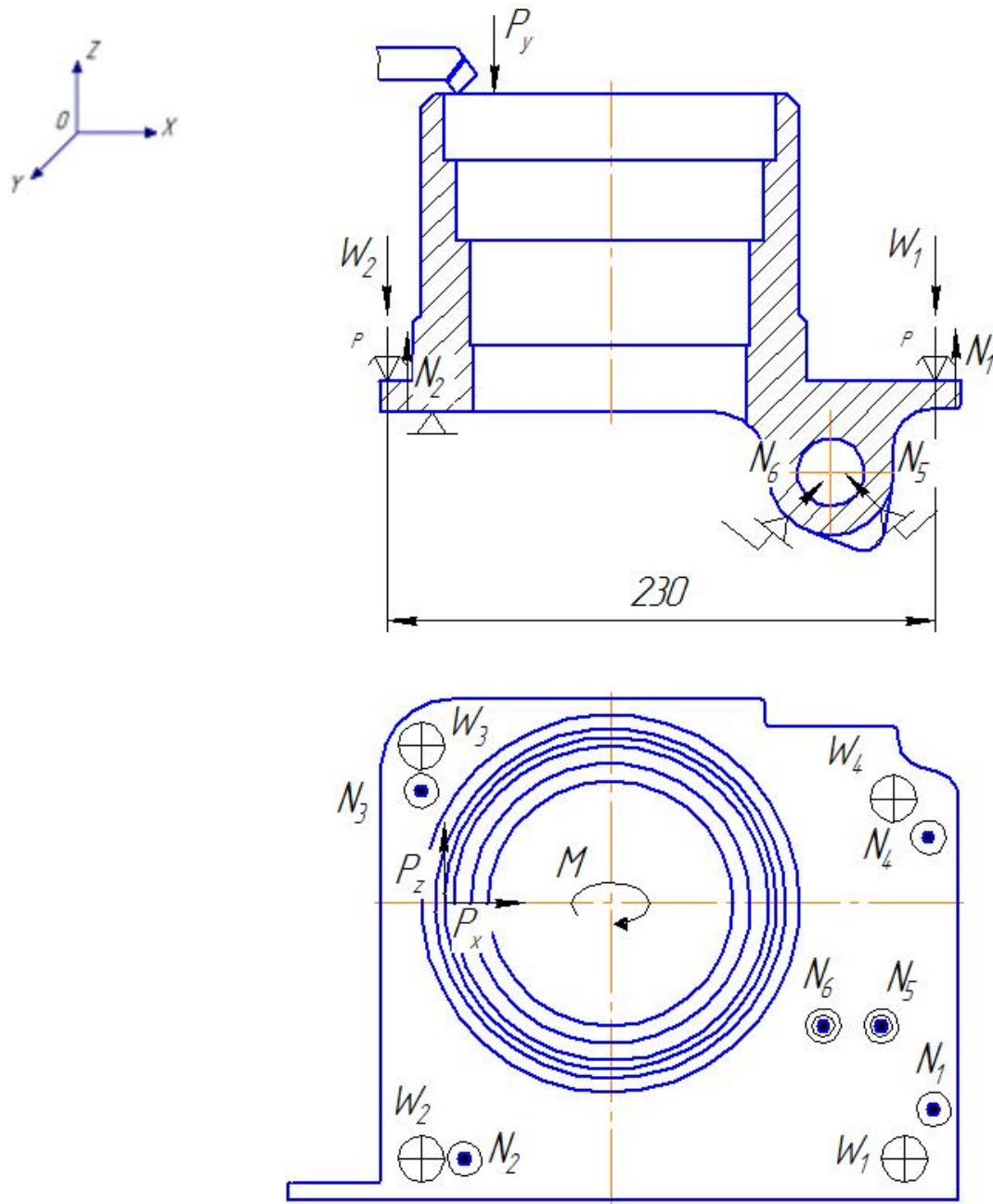


Рисунок 10 – Расчетно-силовая схема

При обработке заготовки, установленной на данную плоскость с базированием по плоскости и цилиндрической поверхности $\varnothing 36$ мм, вследствие действия составляющих силы резания P_z и P_y возможны два случая:

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ				

- 1) сдвиг заготовки под действием силы P_x , который предотвращается силами трения, возникающими в местах контакта заготовки с прихватами $T_1 - T_4$;
- 2) отрыв заготовки под действием силы P_z и P_y , который предупреждается силой зажима W .

Определение силы резания P_z (по справочнику [с. 435, 10]):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,65^{75} \cdot 245^{-0,15} \cdot 0,8742 = 831,92 \text{ Н.}$$

Силы P_x, P_y принимаются ориентировочно:

$$P_x = 0,5P_z = 0,5 \cdot 831,92 = 415,96 \text{ Н;}$$

$$P_y = 0,3P_z = 0,3 \cdot 1049,33 = 249,58 \text{ Н.}$$

Составим уравнение баланса на ось Z и ось X .

$$N_1 = N_2 = N_3 = N_4, \quad N_5 = N_6.$$

$$\sum F_{iz} = kP_y + 4W - 4N - 2N \cos \alpha = 0. \quad (14)$$

Из уравнения 14 следует, что

$$N = \frac{kP_y + 4W}{4 + 2 \cos \alpha}. \quad (15)$$

Но как действие сил N_5 и N_6 минимальное, в расчетах они не учитываются. Тогда:

$$N = \frac{kP_y + 4W}{4}. \quad (16)$$

Составим уравнение баланса относительно оси Z :

$$\sum_{M_0} = M_{кр} - M(F_{тр}) - M(F_{тр1}) = 0. \quad (17)$$

Исходя из схемы, уравнение 17 можно записать в следующем виде:

$$\frac{kP_z D}{2} - 2\mu W a_w - \frac{\mu_1 N D}{2} = 0 \quad (18)$$

Подставив в уравнение 18 выражение 16, получим

$$\frac{kP_z D}{2} - 2\mu W a_w - \frac{\mu_1 D}{2} \left(\frac{kP_y + 4W}{4} \right) = 0 \quad (19)$$

Преобразовав уравнение 19 получим следующее выражение:

$$4kP_z D - 16\mu W a_w - \mu_1 D kP_y - 4W\mu_1 D = 0$$

Принимаем $\mu = 0,1$, $\mu_1 = 0,15$, $k = 3$

Из полученного выражения выведем уравнение силы зажима:

$$W = \frac{kD \cdot (4P_z - \mu_1 P_y)}{4 \cdot (4\mu a_w + \mu_1 D)} = \frac{3 \cdot 108 \cdot (4 \cdot 831,92 - 0,15 \cdot 249,58)}{4 \cdot (4 \cdot 0,1 \cdot 230 + 0,15 \cdot 108)} = 2463,12 \text{ Н}$$

Для расчета силы закрепления воспользуемся формулой для расчета винтовых зажимных механизмов с рабочим винтом:

$$QL - W \tan(\alpha + \varphi) \cdot \frac{D_{cp}}{2} = 0, \quad (20)$$

где Q – сила закрепления;

L – длина ключа, $L = 264$ мм;

α – угол подъема винтовой линии, $\alpha = 2^\circ 30'$

φ – угол трения, $\varphi = 4^\circ$;

D_{cp} – средний диаметр резьбы винта, $D_{cp} = 15,026$ мм.

Выразим из данной формулы силу закрепления подставим все значения:

$$Q = \frac{W \tan(\alpha + \varphi) \cdot D_{cp}}{2L} = \frac{2463,12 \cdot 0,114 \cdot 15,026}{2 \cdot 264} \approx 8 \text{ Н}$$

2.7. Выбор и расчет средств технического контроля

При проектировании технологических процессов особое место занимает технический контроль качества выпускаемых изделий. Под контролем принято понимать определение как количественных, так и качественных характеристик.

Измерительные средства подразумевают под собой технические устройства, которые используются при измерениях. Правила выбора средств

технологического контроля регламентированы стандартом. В соответствии с ГОСТ 14.306-73 выбор средств контроля происходит на основании обеспечения заданных показателей процесса контроля и анализа затрат на его реализацию.

При выборе средств технологического контроля учитываются:

- организационно-технические формы контроля;
- точность измерения;
- достоверность и трудоемкость контроля;
- масштаб производства;
- стоимость контроля;
- требование техники безопасности.

С учетом указанных требований выбирается средство контроля и схема контроля.

Для контроля точности размеров детали «Корпус червячного редуктора» по окончанию обработки проводят измерения детали на 5-осевом обрабатывающем центре DMU 80P duoBLOCK с применением датчиков HEIDENHAIN TS (рис.11) для измерения деталей на различных станках с ЧПУ.



Рисунок 11 – Зонд датчиков HEIDENHAIN TS 249

Измерительные щупы HEIDENHAIN имеют очень надежную конструкцию. Они обладают постоянной точностью в пределах длительного срока эксплуатации и высокой термической стабильностью. Благодаря этому их можно применять в технологическом оборудовании.

Высокая точность измерительных щупов HEIDENHAIN относится ко всей длине измерения. Точность измерений составляет 0,1 мкм.

						Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ	

Датчик TS 249 изготовлен из высококачественных материалов и отличается прочностью и надежностью работы в самых жестких условиях эксплуатации станка, выдерживая удары, сильные перепады, вибрацию, попадание жидкости и температуры. Схема измерения представлена в Приложении Ж.

Данный датчик имеет стандартное усилие срабатывания, что позволяет использовать щупы большей длины. Кроме того, это исполнение обладает повышенной виброустойчивостью.

Датчики, устанавливаемые на станках, называют контактными датчиками: в них реализована система срабатывания при контакте измерительного наконечника (щупа) датчика с деталью при ее измерении или установке. Степень повторяемости срабатывания является очень высокой.

При срабатывании датчик посылает сигнал в систему управления через интерфейс, и система управления (почти одновременно) автоматически фиксирует положение станка по его системе обратной связи.

После регистрации координат точки датчик перемещается дальше для срабатывания в другом месте. После регистрации нескольких точек становится известной форма элементов и профиля детали «Корпус червячного редуктора».

Минимальное количество точек, в которых требуется выполнить измерение в случае элемента каждого типа, определяется известными степенями свободы данного элемента.

При измерениях выполняется замена элемента детали его теоретической моделью, например, окружностью или трехмерным угловым элементом.

Сравнение фактического и расчетного размеров позволяет определить отклонение и выполнить точный, исчерпывающий контроль. Результирующая обратная связь является основой следующих видов контроля: профилактического, прогнозирующего, активного и информативного, которые необходимы для обеспечения комплексного контроля технологических процессов.

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Согласно современной концепции создания гибких производственных комплексов механической обработки резанием особое значение приобретают станки с ЧПУ.

Замена старого парка универсального оборудования на станки с числовым программным управлением сделала возможным снизить трудоемкость изготовления деталей в несколько раз, в зависимости от вида обработки и конструктивных параметров обрабатываемых деталей.

На производстве применяются различные станки с программным управлением, которые имеют разные виды программного обеспечения, но в основном программирование обработки осуществляется на языке ISO 7 бит. Так же, этот язык программирования могут называть языком G- и M-функций. Подготовительные коды с адресом G, определяют настройку ЧПУ на определенный вид работы. Вспомогательные коды с адресом M предназначены для управления режимами работы станка.

В данной главе разработан фрагмент управляющей программы для обработки детали «Корпус червячного редуктора» на токарном станке DMU CTX beta 500 для операции 010. Станок оснащен числовым программным управлением ЧПУ Siemens Sinumerik 840Di.

3.1. Основные сведения о системе с ЧПУ Siemens Sinumerik 840Di

Технологичные системы автоматизации Siemens сочетают в себе производительность, функциональность и рентабельность. Их использование успешно во многих сферах производства и автоматизации, а солидная история марки, ее значительный опыт, позволяю говорить о высокой надежности поставляемого оборудования и создаваемых на его основе систем.

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Система ЧПУ SIEMENS SINUMERIK – это универсальная эффективная платформа для автоматизации станков, применяемых в самых разных отраслях и технологических процессах. Преимуществом концепции SINUMERIK является широкий спектр возможностей: от управления электроприводом и двигателями до полностью комплектного шкафа управления. Системы ЧПУ SINUMERIK отличаются простотой в эксплуатации и предлагают множество инновационных функций и технологических циклов, делающих производство более рентабельным.

Отличительные особенности SINUMERIK 840D:

- данная система предназначена для выполнения задач средней и высокой сложности;
- обладает максимальными рабочими характеристиками и гибкости особенно при сложных многоосевых установках;
- сквозная открытость от управления до ядра ЧПУ;
- тестированное ПО управления и программирования (например, ShopMill или ShopTurn) и продукты Motion Control Information System (продукты MCIS) для производственной сферы;
- встроенные сертифицированные функции безопасности SINUMERIK Safety Integrated, которые позволяют обеспечить высокоэффективную, простую и экономичную защиту персонала и оборудования.

Система SINUMERIK 840D имеет применение во всем мире в технологиях сверления, фрезерования, шлифования, лазерной обработки, высечки, штамповки; при изготовлении инструментов и форм; при высокоскоростной обработке; при обработке дерева и стекла; в манипуляторах; на автоматических линиях и агрегатных станках.

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП 44.03.04.126. ПЗ

3.2. Пульт оператора

Пульт оператора состоит из следующих частей:

- ММС-процессора (Human Machine Communication). Он представляет собой персональный компьютер MMC100.2 (Intel 486, MS-DOS) или MMC103 (Intel Pentium, Windows 95);
- дисплея, который может быть цветным или монохромным (10,4" TFT плоский экран).

Кроме того, пульт оснащен полноразмерной клавиатурой, дисководом, адаптером подключения к сети Ethernet. Весь интерфейс полностью русифицирован.

На ММС-процессоры можно установить дополнительное программное обеспечение собственно фирмы Siemens (например, ShopMill — для экспресс-подготовки управляющих программ на рабочем месте, SINTDI — для управления инструментом, WinBDE — для сбора и анализа информации о работе станка) или третьих фирм. Тенденции развития таковы: в скором времени появятся 12-15-дюймовые дисплеи, а также возникнет возможность установки на ММС-процессоров CAD/CAM-систем. Это позволит произвести объединение рабочих мест проектировщика (конструктора-технолога) и станочника- оператора.

В системе ЧПУ SINUMERIK 840D используется привод (D — digital), в котором сигнал от ЧПУ передается по специальной цифровой шине. В каждом модуле привода имеется процессор, который выполняет задачи по управлению приводом и разгружает центральный процессор ЧПУ для других целей.

Основными достоинствами цифровых приводов являются:

- минимальное приводное время (время, через которое производится контроль положения) — 0,125 мс;
- высокая разрешающая способность — 4,2 млн. импульсов на один оборот двигателя;

- большой диапазон регулирования скорости (примерно в 50 раз больше по сравнению с аналоговыми приводами);
- высокие динамические характеристики.

Цифровое управление приводами позволяет повысить производительность станка и улучшить качество детали. Кроме того, улучшаются сервисные возможности:

- настройка привода через параметры, вводимые через ММС-процессор (без традиционных вольтметров и осциллографов, необходимых для настройки аналоговых приводов);
- автоматическая оптимизация приводов, позволяющая более точно и быстро адаптировать приводы к механике станка;
- представление информации о состоянии привода (температура, нагрузка и т.д.).

Применение возможностей цифровых приводов позволяет поднять уровень технологических функций, используемых в УЧПУ.

3.3. Основные и вспомогательные функции ЧПУ

При разработке управляющей программы были применены базовые G и M, перечень которых представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Базовые функции

Коды (функции)	Описание функций
1	2
Подготовительные функции	
G00	Быстрое позиционирование
G01	Линейная интерполяция
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G04	Пауза
G17	Выбор плоскости XY
G18	Выбор плоскости XZ
G19	Выбор плоскости YZ
G20	Ввод дюймовых данных
G21	Ввод метрических данных

Окончание таблицы 12 – Базовые функции

1	2
G40	Отмена коррекции на радиус инструмента
G41	Левая коррекция на радиус инструмента
G42	Правая коррекция на радиус инструмента
G43	Коррекция на положение инструмента
G52	Локальная система координат
G54 - 59	Заданное смещение
Вспомогательные функции	
M00	Программируемый останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Завершение программы
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M05	Останов шпинделя
M06	Смена инструмента
M07	Включение охлаждения №2
M08	Включение охлаждения №1
M09	Отключение охлаждения
M10	Зажим
M11	Разжим
M19	Останов шпинделя в заданной позиции
M30	Конец информации

3.4. Фрагмент управляющей программы

Токарный станок с ЧПУ DMU CTX beta оснащен системой ЧПУ SINUMERIK 840D. Разработка фрагмента управляющей программы обработки для операции 010 Комплексная с ЧПУ для установа Б представлена в таблице 13. Полная управляющая программа для данной операции представлена в Приложении Г.

Таблица 13 – Фрагмент управляющей программы для операции 010
Комплексная с ЧПУ

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание переходов
1	2
N45 T6 D2	Смена инструмента револьверной головки (в рабочую позицию доставляется инструмент №6, D2 - номер корректора для этого инструмента)
N46 G18 G55 G0 G90	G90 – размерные перемещения в абсолютных значениях; G55 – вторая группа смещения нулевой точки; G18 – рабочая плоскость XZ; G0
N47 G96 S251 LIMS = 2000 M4 M8	G96 S250 - поддержание постоянной установленной скорости резания v=251 м/мин; LIMS = 2000; M4 - включение вращение шпинделя против часовой стрелки; M8 - включение СОЖ
N48 f 0,46	скорость рабочей подачи 0,46 мм/об
N49 CYCLE95("contur3",2,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)	Вызов цикла CYCLE95 для обработки "contur3"(наружное чистовое обтачивание)
N50 M9	Отключение подачи СОЖ
N51 WWP	Обращение к подпрограмме перемещения револьверного суппорта в безопасную позицию для смены инструмента
N52 T7 D1	Смена инструмента револьверной головки (в рабочую позицию доставляется инструмент №7, D1 - номер корректора для этого инструмента)
N53 G18 G55 G0 G90	G90 – размерные перемещения в абсолютных значениях; G55 – вторая группа смещения нулевой точки; G18 – рабочая плоскость XZ; G0
N54 G96 S110 LIMS = 2000 M4 M8	G96 S110 - поддержание постоянной установленной скорости резания v=110 м/мин; LIMS = 2000; M4 - включение вращение шпинделя против часовой стрелки; M8 - включение СОЖ
N55 f 0,08	скорость рабочей подачи 0,08 мм/об
N56 CYCLE93(130, -82,1.3,1.3, 75,,0,0,0,2,2,2,2,0.2,3,1,2,1.3,0.1,0,0.2,0.2,2,1)	Вызов цикла CYCLE93 для подрезания торца и цилиндрической поверхности Ø135
N57 M9	Отключение подачи СОЖ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.126. ПЗ

Лист

54

Продолжение таблицы 13 – Фрагмент управляющей программы для операции
010 Комплексная с ЧПУ

1	2
N58 WWP	Обращение к подпрограмме перемещения револьверного суппорта в безопасную позицию для смены инструмента
N59 T8 D1	Смена инструмента револьверной головки (в рабочую позицию доставляется инструмент №8, D1 - номер корректора для этого инструмента)
N60 G18 G55 G0 G90	G90 – размерные перемещения в абсолютных значениях; G55 – вторая группа смещения нулевой точки; G18 – рабочая плоскость XZ; G0
N61 G96 S316 LIMS = 2000 M4 M8	G96 S316 - поддержание постоянной установленной скорости резания $v=316$ м/мин; LIMS = 2000; M4 - включение вращения шпинделя против часовой стрелки; M8 - включение СОЖ
N62 f 0,3	скорость рабочей подачи 0,3 мм/об
N63 CYCLE95 ("contur4",1,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)	Вызов цикла CYCLE95 для обработки "contur4"(получистовое растачивание отверстия)
N64 M9	Отключение подачи СОЖ
N65 WWP	Обращение к подпрограмме перемещения револьверного суппорта в безопасную позицию для смены инструмента
N66 T9 D1	Смена инструмента револьверной головки (в рабочую позицию доставляется инструмент №9, D1 - номер корректора для этого инструмента)
N67 G18 G55 G0 G90	G90 – размерные перемещения в абсолютных значениях; G55 – вторая группа смещения нулевой точки; G18 – рабочая плоскость XZ; G0
N68 G96 S366 LIMS = 2000 M4 M8	G96 S110 - поддержание постоянной установленной скорости резания $v=110$ м/мин; LIMS = 2000; M4 - включение вращения шпинделя против часовой стрелки; M8 - включение СОЖ
N69 f 0,18	скорость рабочей подачи 0,18 мм/об
N70 CYCLE95 ("contur5",1,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)	Вызов цикла CYCLE95 для обработки "contur5"(чистовое растачивание отверстия)
N71 M9	Отключение подачи СОЖ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.126. ПЗ

Лист

55

Окончание таблицы 13 – Фрагмент управляющей программы для операции 010
Комплексная с ЧПУ

1	2
N72 WWP	Обращение к подпрограмме перемещения револьверного суппорта в безопасную позицию для смены инструмента
N73 T10 D1	Смена инструмента револьверной головки (в рабочую позицию доставляется инструмент №10, D1 - номер корректора для этого инструмента)
N74 G18 G55 G0 G90	G90 – размерные перемещения в абсолютных значениях; G55 – вторая группа смещения нулевой точки; G18 – рабочая плоскость XZ; G0
N75 G96 S162 LIMS = 2000 M4 M8	G96 S162 - поддержание постоянной установленной скорости резания $v=162$ м/мин; LIMS = 2000; M4 - включение вращение шпинделя против часовой стрелки; M8 - включение СОЖ
N76 f 0,09	скорость рабочей подачи 0,09 мм/об
N77 CYCLE93 (112,- 65,4,4,1.8,,0,0,0,2,2,2,2,0.2,3,1,,2,7,0.1,0,0.2,0.2,2,1)	Вызов цикла CYCLE93 точения канавок на Ø106,4
N78 M9	Отключение подачи СОЖ
N79 WWP	Обращение к подпрограмме перемещения револьверного суппорта в безопасную позицию для смены инструмента
N80 M5	Останов шпинделя
N81 M30	Конец программы

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Состояние экономики страны в целом зависит от эффективности работы отдельных предприятий. На каждом предприятии, стремящиеся осуществлять производство с минимальными издержками, должны использовать имеющиеся ресурсы в таких количествах, при которых отношение предельной нормы технологического замещения одного ресурса другим равно отношению цен этих ресурсов.

На предприятии решается множество вопросов, связанных с применением высокопроизводительной техники, внедрением новых технологий, расходованием ресурсов, определением путей снижения издержек и увеличения прибыли.

Изучение экономики предприятий, призванных удовлетворять человеческие потребности в товарах и услугах, является необходимым условием при решении социально-экономических задач, связанных с производством и реализацией необходимых человеку материальных ценностей, что непосредственно влияет на эффективность работы предприятия в целом

4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

При проектировании технологического процесса механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» на базе предприятия АО «ОКБ «Новатор» были использованы токарный станок с ЧПУ СТХ beta 500 и обрабатывающий центр с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK.

При наличии на предприятиях недозапряжённых мощностей покупка нового оборудования для изготовления одной конкретной детали нецелесообразна. Поэтому при проектировании нового технологического процесса оборудование было выбрано из имеющегося уже на предприятии.

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ					

4.2. Исходные данные, необходимые для выполнения экономического обоснования

Данный технологический процесс разработан на базе чертежа детали и годовой программы выпуска, который был предоставлен заводом для выпуска данного изделия в условиях среднесерийного производства.

Исходные данные для производства детали:

1. Название детали «Корпус червячного редуктора»;
2. Характеристика детали: деталь «Корпус червячного редуктора» для установки червячной пары;
3. Масса детали 3,3 кг;
4. Отходы материала составляют 2,3 кг;
5. Материал заготовки сталь 35ХГСЛ.

В данном разделе выполняется расчет капитальных затрат на изготовления детали «Корпус червячного редуктора».

Исходные данные для расчета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные для расчета

Наименование показателя	Значение показателя
1. Годовая программа выпуска деталей, шт	600
2. Штучно-калькуляционное время обработки по операциям, мин 010 Комплексная с ЧПУ	11,52
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	24,92
3. Годовой фонд времени оборудования, час Токарный станок с ЧПУ СТХ beta 500	3946
Обработывающий центр с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK	3946
4. Нормативный коэффициент загрузки оборудования Токарный станок с ЧПУ СТХ beta 500	0,8
Обработывающий центр с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK	0,78
5. Коэффициент выполнения норм	1,0
6. Часовая ставка рабочих по разрядам, руб.:	
Оператор - наладчик 2 разряда	180
Оператор - наладчик 3 разряда	210
Контролер	173
Транспортный рабочий	150
7. Коэффициент использования металла	0,59

Целью технико-экономических расчетов в выпускной квалификационной работе является расчет себестоимости изготовления детали.

4.3. Техничко-экономические расчеты при проектировании технологического процесса механической обработки детали

4.3.1. Расчет количества оборудования

Количество технологического оборудования определяется по формуле 21:

$$q = \frac{t \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (21)$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$F_{\text{об}}$ – действительный годовой фонд времени оборудования, ч;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм времени;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования [с. 21, 24].

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается по формуле 22:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \left(1 - \frac{k_p}{100} \right), \quad (22)$$

где $F_{\text{н}}$ – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

k_p – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, % [с. 64, 24].

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны: – 2,0% - для токарного станка с ЧПУ; – 9% - для обрабатывающего центра. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования составляет:

$$F_{\text{об1}} = 3946 \cdot \left(1 - \frac{2}{100} \right) = 3867,08 \text{ ч};$$

$$F_{\text{об2}} = 3946 \cdot \left(1 - \frac{9}{100} \right) = 3590,86 \text{ ч}.$$

Зная годовую программу выпуска деталей, определяется количество технологического оборудования:

$$q_1 = \frac{11,52 \cdot 600}{3867,08 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 60} = 0,04 \text{ шт.};$$

$$q_2 = \frac{24,94 \cdot 600}{3590,86 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 60} = 0,09 \text{ шт.}$$

Результаты вычислений сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Принятое количество оборудования	Мощность станка, кВт	Коэффициент загрузки оборудования (расчетный)	Потери номинального времени работы на ремонт, %	Номинальный фонд работы оборудования, ч
DMU CTX beta 500	1	35	0,04	2	3867,08
DMU 80 P duoBLOCK	1	25	0,09	9	3590,86

При проектировании нового технологического процесса технолог использует уже имеющееся на предприятии станки, так как покупка нового оборудования для изготовления одной конкретной детали несообразна.

Определив расчетное количество оборудования, можно рассчитать среднюю загрузку оборудования по проектируемому процессу по формуле 23:

$$\eta_3 = \frac{q_p}{q_{\text{п}}} = 0,013, \quad (23)$$

где q_p – расчетное количество оборудования на операции;

$q_{\text{п}}$ – принятое количество оборудования на операции.

$$\eta_3 = \frac{0,04 + 0,09}{2} = 0,065.$$

Проанализировав полученные значения коэффициента загрузки оборудования видно, что средняя загрузка оборудования на изготовление детали «Корпус червячного редуктора» составляет 6,5%.

Затраты на программное обеспечение определяются по формуле 24:

$$K_{\text{прг}} = K_{\text{уп}} \cdot K_3 \cdot n, \quad (24)$$

где $K_{\text{уп}}$ – стоимость одной управляющей программы, $K_{\text{уп}} = 8000$ руб.;

K_3 – коэффициент, учитывающий потребности в восстановлении программы, $K_3 = 1,1$;

$n=2$ количество операций для которых необходима программа.

$$K_{\text{прг}} = 8000 \cdot 1,1 \cdot 2 = 17600 \text{ руб.}$$

Итого, единовременные вложения на программное обеспечение составит 17600 руб.

4.3.2. Расчет технологической себестоимости детали

Технологическая себестоимость складывается из следующих элементов рассчитывается по формуле 25:

$$C = Z_{\text{м}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (25)$$

где $Z_{\text{м}}$ – затраты на материалы (заготовки), руб.;

$Z_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату, руб.;

$Z_{\text{э}}$ – затраты на технологическую электроэнергию, руб.;

$Z_{\text{об}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$Z_{\text{осн}}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, руб.;

$Z_{\text{и}}$ – затраты на малоценный инструмент, руб.

Затраты на материал

В проектируемом технологическом процессе заготовка получена методом литья в кокиль. Так как предприятие ОА «ОКБ «Новатор» не имеет собственного заготовительного производства, то заготовку будут закупать на предприятии ПАО «МЗиК». Тогда затраты материалы рассчитываются по формуле 26:

$$Z_3 = (M_3 \cdot Q_3 - M_{\text{отх}} \cdot Q_{\text{отх}}) \cdot k_{\text{тр}}, \quad (26)$$

где M_3 – масса заготовки, кг;

Q_3 – цена за 1 килограмм материала заготовки, руб.;

$M_{\text{отх}}$ – масса отходов, руб.;

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$Q_{отх}$ – цена за 1 килограмм отходов, руб.;

$k_{тр}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, $k_{тр} = 1,04 \%$.

В проектируемом технологическом процессе:

$$Z_3 = (5,6 \cdot 69,6 - 2,3 \cdot 9,46) \cdot 1,04 = 382,72 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле 27:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_{н} + Z_{эл} + Z_{к} + Z_{тр}, \quad (27)$$

где $Z_{пр}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, руб.;

$Z_{н}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, руб.;

$Z_{эл}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, руб.;

$Z_{к}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, руб.;

$Z_{тр}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, руб.

При сдельной оплате труда по формуле 28:

$$Z_{пр} = C_T \cdot t \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_p \quad (28)$$

где C_T – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, руб.;

t – штучно-калькуляционное время на операцию, ч;

$k_{мн}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание, $k_{мн} = 1$;

$k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, $k_{доп} = 1,2$;

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$k_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование, $k_{\text{соц}} = 1,3$;

k_p – районный коэффициент, $k_p = 1,15$.

$$З_{\text{пр1}} = 180 \cdot 0,192 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 62,00 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пр2}} = 210 \cdot 0,416 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 156,7 \text{ руб.}$$

Численность станочников определяется по формуле 29:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_p \cdot 60}, \quad (29)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, $F_p = 1758$ ч.

$$Ч_{\text{ст1}} = \frac{11,52 \cdot 600 \cdot 1}{1758 \cdot 60} = 0,065 \text{ чел.}$$

$$Ч_{\text{ст2}} = \frac{24,94 \cdot 600 \cdot 1}{1758 \cdot 60} = 0,142 \text{ чел.}$$

Принимается по всем операциям $Ч_{\text{ст}} = 1$.

Принимая численность рабочих, а также затраты на заработную плату производственных рабочих заносятся в таблицу 16.

Таблица 16 – Затраты на заработную плату станочников проектируемого технологического процесса

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, мин	З/п, руб.	Расчетная численность станочников, чел
010 Комплексная с ЧПУ	180	11,52	62,00	0,065
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	210	24,94	156,7	0,142
Итого			218,7	0,207

Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле 30:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_p \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{соц}} \cdot k_p}{N_{\text{год}}}, \quad (30)$$

где $C_T^{\text{всп}}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующего разряда, руб.

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников.
 Численность контролеров составляет 7% от числа станочников.

Рассчитаем показатели численности и заработной платы транспортных рабочих и контролеров.

Численность транспортных рабочих составляет:

$$Ч_{\text{вспт}} = 0,207 \cdot 0,05 = 0,0104 \text{ чел.}$$

Численность контролеров составляет:

$$Ч_{\text{вспк}} = 0,207 \cdot 0,07 = 0,0145 \text{ чел.}$$

Оплата труда транспортных рабочих:

$$З_{\text{вспт}} = \frac{150 \cdot 1758 \cdot 0,0104 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{600} = 8,20 \text{ руб.}$$

Оплата труда контролеров:

$$З_{\text{вспк}} = \frac{173 \cdot 1758 \cdot 0,0145 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{600} = 13,19 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 17.

Таблица 17 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Принятая численность, чел	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Транспортный рабочий	150	1	8,20
Контролер	173	1	13,19
Итого:		2	21,39

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции рассчитывают по формуле 31:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} \cdot Ц_э, \quad (31)$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя, кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,
 $k_N = 0,3$;

$k_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени,
 $k_{вр} = 0,5$;

$k_{од}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка, $k_{од} = 1$;

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия, $k_w = 1,04$;

η – коэффициент полезного действия оборудования, $\eta = 0,9$;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

$\Pi_э = 6,38$ руб. – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

$$З_{э1} = \frac{35 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 11,52}{0,9 \cdot 60} \cdot 6,38 = 13,38 \text{ руб.}$$

$$З_{э2} = \frac{25 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 24,94}{0,9 \cdot 60} \cdot 6,38 = 11,49 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, руб.
DMU CTX beta 500	35	11,52	13,38
DMU 80 P duoBLOCK	25	24,94	11,49
		Итого:	24,87

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определяют по формуле 32:

$$З_{об} = C_{рем} + C_{ам}, \quad (32)$$

где $C_{рем}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, руб.;

$C_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, руб.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования:

$$C_{ам} = \frac{\Pi_{обp} \cdot N_a \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн} \cdot 60},$$

где $C_{обр}$ – цена единицы оборудования, руб.;

H_a – норма амортизационных отчислений;

$F_{об}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, час;

$k_з$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм.

Затраты на ремонт оборудования можно определить путем укрупненного расчета по примерным нормам затрат на ремонт от стоимости оборудования по приложению 3 [с. 65, 24].

Затраты на ремонт станков с ЧПУ 3% от стоимости оборудования на одну деталь. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на эксплуатацию технологического оборудования

Модель станка	Стоимость, руб.	Кол-во, шт.	Норма амортизации, %	Штучно-калькуляционное время	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
DMU CTX beta 500	14385000	1	8	11,52	69,5	26,11
DMU 80 P duoBLOCK	14112000	1	8	24,94	130,68	61,25
Итого:					200,18	87,36

$$Z_{об} = C_{рем} + C_{AM} = 200,18 + 87,36 = 287,54 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

В проектируемом технологическом процессе на фрезерную обработку выбран инструмент как со сменными многогранными пластинами, так и монолитный.

Затраты на эксплуатацию цельного инструмента вычисляют по формуле 33 [с. 68, 24]:

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_{п} \cdot C_{п}}{T_{ст} \cdot (\beta_{п} + 1)} \cdot T_{м} \cdot \eta_{и}, \quad (33)$$

где $C_{и}$ – цена единицы инструмента, руб.;

$\beta_{п}$ – число переточек;

$\Pi_{\text{п}}$ – стоимость одной переточки, руб.;

$T_{\text{ст}}$ – период стойкости инструмента, мин;

$T_{\text{м}}$ – машинное время, мин;

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент случайной убыли инструмента.

Расчет затрат на эксплуатацию инструмента для обработки детали «Корпус червячного редуктора» приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на эксплуатацию монолитного инструмента

Инструмент	$T_{\text{маш}}$, мин	$\Pi_{\text{и}}$, руб.	$T_{\text{ст}}$, мин	$P_{\text{и}}$, руб.	$\beta_{\text{п}}$	$K_{\text{уб}}$, руб.	Итого затраты, руб.
Фреза концевая Ø16 2F342 – 1600 – 050 – PC1730	0,38	9875	65	280	4	0,9	0,38
Фреза концевая Ø20 2N342 – 2000 – PC1730	4,61	2,56	65	280	4	0,9	4,61
Фреза концевая Ø12,7 2F342 – 1270 – 038 – PC1730	0,8	9000	65	280	3	0,9	0,8
Резьбофреза Ø12,7 R217.15 – 140100AC26N 1630	6,46	24820	70	310	0	0,9	6,46
Фреза Т – образная MM TS 225 – H50D – 06T08	2,45	9750	65	290	0	0,9	2,45
Зенковка MM ECF60 – 08/250 – 6T15	8	7500	70	250	0	0,9	8
Фреза концевая Ø5 2P342 – 0500 – PA 1730	0,5	7500	70	280	0	0,9	0,5
Сверло Ø9 860.1 – 0900 – 031A0 – PM	0,15	5935	70	310	3	0,9	0,15
Сверло Ø8,4 860.1 – 0840 – 031A0 - PM	0,15	5935	70	310	3	0,9	0,15
Сверло Ø4,9 860.1 – 0490 – 019A0 - PM	0,16	4200	70	310	3	0,9	0,16
Сверло Ø5 860.1 – 0500 – 019A0 - PM	0,11	4500	70	310	3	0,9	0,11
Сверло Ø5,5 860.1 – 0550 – 019A0 - PM	0,09	4200	70	310	3	0,9	0,09
Метчик M5 E212M5	0,98	3282, 92	70	250	0	0,9	0,98
Сверло Ø22 870 – 2200 – 22L25 - 3	0,4	17460	65	310	3	0,9	0,4
ИТОГО:							3323,73

Определение затрат на эксплуатацию прогрессивного инструмента определяется по формуле 34:

$$Z_{\text{зи}} = \left(\Pi_{\text{пл}} \cdot n + \left(\Pi_{\text{кор}} + k_{\text{ком}} \cdot \Pi_{\text{ком}} \right) \cdot Q^{-1} \right) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1}, \quad (34)$$

Таблица 20 – Затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента

Инструмент	Машинное время, мин	Стоимость, руб.	Итого затраты, руб.
Резец A25T SDURII – HR Пластина DCMT11T308 PR4325	0,41	6145,24 415	0,02
Резец PWLNL 2525 M06 Пластина WVNMG 060404 - MA	0,04	7065 405	0,02
Резец BR10 – 91CC 12F – C5 Пластина CCMT120408 – UM4325	0,43	6145,24 772,8	0,02
Резец канавочный TGIR 25C – 3 Пластина TGMF – 304 IC908	2,62	4308,85 772,8	0,08
Резец S16Q SCL CL - 09 Пластина CCMT 09T308 – PM 4025	0,62	6145,24 405,8	0,03
Резец канавочный LF151.23 – 2525 – 50MI Пластина N151.2 – 500 – 5E 4125	1,16	4308,85 640	0,04
Резец A25T SVPBR 16 Пластина VBM160412 UM4325	3,83	6145,24 450	0,15
Резец канавочный TGDL 2525 – 3M Пластина TGMF – 302	0,09	4308,85 772,8	0,03
Фреза торцевая Coro Mil 419 419 – 054Q22 – 14H Пластина 419R – 1405M – PM4230	4,08	50284 716	0,35
Расточная головка 825 – 29TC06 – EN20 Пластина TCMT06T104 – PF 4325	3,2	16825 679	0,52
Расточная головка 825 – 45TC09 – C3 Пластина TCMT090204 PF 4325	2,57	16825 679	0,42
Расточная головка 825L – 107TСП – C5 Пластина TCMT110304 – PF 4325	1,35	16825 679	0,22
ИТОГО:			4,96

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сведены в таблице 21.

Таблица 21 – Технологическая себестоимость обработки детали, руб.

Статья затрат	На одну деталь
Затраты на изготовление заготовки	382,72
Заработная плата с начислениями	240,09
Затраты на электроэнергию	24,87
Затраты на эксплуатацию технологического оборудования	287,54
Затраты на эксплуатацию инструмента	3382,69
Итого	4317,91

Технологическая себестоимость годового выпуска детали «Корпус червячного редуктора» составила 2590746 рубля. Себестоимость 1 детали составляет 4317,91 рубль.

4.4. Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия

Необходимо рассчитать несколько обобщающих коэффициентов, характеризующих технико-экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии [с. 36, 24]:

- Уровень механизации труда на программных операциях определяется по формуле 35:

$$k_{\text{мех}} = \frac{T_o + T_{\text{всп}}}{t} \cdot 100\%, \quad (35)$$

где T_o – основное время обработки детали на программных операциях, мин;

$T_{\text{всп}}$ – вспомогательное время механизированных приемов, мин;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

- Производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (36)$$

где F_p – действительный фонд времени одного рабочего, ч;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм.

Результаты расчетов технико-экономических показателей проекта сведены в таблицу 22.

									Лист
									70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Таблица 22 – Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателя	Значение показателя
Годовой выпуск деталей, шт	600
Количество оборудования, шт	2
Количество рабочих, шт	4
Трудоемкость изготовления 1-го изделия, н-ч	0,6
Технологическая себестоимость обработки детали, руб.	4317,91
В том числе:	
• материальные затраты	4077,82
• затраты на заработную плату рабочих	240,09
Технологическая себестоимость годового выпуска, руб.	2590746
Уровень механизации труда на операциях, %	
010 Комплексная с ЧПУ	83
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	83
Производительность труда на операциях, шт/чел.год	
010 Комплексная с ЧПУ	9384,34
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	4229,35

Рассчитав все необходимые экономические показатели в проектируемом технологическом процессе, были получены результаты себестоимости 1 детали и годового выпуска деталей, а также общие коэффициенты механизации и производительности труда.

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Вводная часть

Тема выпускной квалификационной работы – «Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус червячного редуктора». Данный технологический процесс будет внедрен в производство на предприятии АО «Опытное конструкторское бюро «Новатор».

Опытное производство АО «ОКБ «Новатор» является одним из ведущих предприятий военной промышленной отрасли, обеспечивающим изготовление новых образцов вооружения и военной техники. Данное предприятие выполняет изделия сложной конфигурации, что требует применение нового высокоточного оборудования с числовым программным управлением, которое позволит выполнять перемещения рабочих органов станка по нескольким координатам одновременно. Такие станки должны обеспечить высокое качество и точность обработки изделий, автоматизировать труд рабочих, повысить культуру производства.

В связи с этим, на предприятие осуществляется техническое перевооружение, создание новых линий для производства новых видов конкурентоспособной продукции с применением новинок техники и новых технологии производства.

В проектируемом технологическом процессе механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» обработка производится на токарном станке с ЧПУ CTX beta 500 и на обрабатывающем центре с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK.

В связи с внедрением в производство нового технологического процесса, предусматривающего 5-осевую обработку детали с применением обрабатывающего центр с ЧПУ DMU 80 P duoBLOCK появляется необходимость повышения квалификации оператора – наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ со 2-го разряда на 3-ий.

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.126. ПЗ					

Предприятие АО «ОКБ «Новатор» не имеет собственного учебного центра, поэтому переподготовка рабочих кадров ведется на базе Регионального межотраслевого центра дополнительного профессионального образования, который является структурным подразделением ПАО «МЗиК».

Целями и задачами курса является формирование общих и специальных знаний и навыков, необходимых для успешного программирования, настройки и ввода в эксплуатацию станка.

Результатом методической работы является разработка методического обеспечения занятия теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Программа занятий рассчитана на людей, имеющих опыт работы со станками, оснащенными числовым программным управлением, и должна помочь в короткие сроки освоить новое металлорежущее оборудование с системой ЧПУ фирмы HEIDENHAIN.

5.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор – наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

В основе анализа профессиональной деятельности оператора – наладчика станков с ЧПУ лежит профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н. Согласно данному документу основной вид профессионально деятельности по данной профессии – наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей.

Базовой целью деятельности рабочего по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» является наладка обрабатывающих центров с программным управлением, установка технологической последовательности обработки деталей и выявление неисправностей в работе оборудования.

Профессиональный стандарт относится к группе профессий 7223 - Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

оборудования, вид экономической деятельности – 29 - Производство машин и оборудования.

Рассмотрим обобщенные трудовые функции профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», представленные в таблице 23.

Таблица 23 – Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
Код	Наименование	Уровень	Наименование	Код	Уровень (подуровень)
1	2	3	4	5	6
А	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	А/01.2	2
			Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	А/02.2	2
			Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	А/03.2	2
			Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	А/04.2	2
			Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	А/05.2	2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Окончание таблицы 23 – Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

1	2	3	4	5	6
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06.2	2
			Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	B/01.3	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	B/02.3	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	B/03.3	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	B/04.3	3
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/01.4	4
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/02.4	4

В выпускной работе необходимо повысить квалификации оператора – наладчика обрабатывающих центров до 3 разряда, поэтому далее проанализируем трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности». Анализ приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности»

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей		Код	В	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации					
Требования образованию и обучению	к и	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)				
Требования к опыту практической работы	Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»					
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке					
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте					
Дополнительные характеристики						
Наименование классификатора	код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности				
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования				
ЕТКС	§44	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд				
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением				

Необходимые знания, умения и навыки, которыми должен обладать обучаемый в рамках анализируемой обобщенной трудовой функции отражены в таблице 25.

Таблица 25 – Анализ трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	В/02.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки детали				
Необходимые знания	Органы управления и стойки ЧПУ станка				
	Режим работы стойки ЧПУ				
	Системы графического программирования				
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами				
Другие характеристики	-				

Исходя из анализа данной трудовой функции можно сформировать программу повышения квалификации «Операторов - наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ» в учебном центре РМЦ ДПО ПАО «МЗиК».

5.3. Анализ программы повышения квалификации по профессии «Оператор – наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Курсы целевого назначения со сроком обучения 72 часа «Обслуживание и программирование технологических операций на фрезерных станках и обрабатывающих центрах с ЧПУ с системой управления «HEIDENHAIN TNC 530» предназначены для обучения и повышения квалификации операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ. Предполагается, что подготовка операторов-наладчиков будет производиться на пятикоординатном фрезерном обрабатывающем центре модели DMU 80P duoBLOCK с системой управления HEIDENHAIN TNC 530.

Объем и тематика программы повышения квалификации определяется учебным планом.

Программа предусматривает теоретическое и практическое обучение. Теоретическое обучение проходит на базе интерактивного учебного класса. Программа содержит комплексный учебно-тематический план, который определяет объем и тематику курса, последовательность изучения тем. В практической части обучения происходит отработка практических навыков на оборудовании учебного центра и на обрабатывающем центре модели DMU 80P duoBLOCK.

В конце обучения операторы наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ сдают квалификационный экзамен, состоящий из теоретической части (контрольный тест) и практической части (выполнение производственных работ). По результатам квалификационного экзамена выдается сертификат повышения квалификации.

В таблице 26 представлен учебный план повышения квалификации по профессии «Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ».

Таблица 26 – «Учебный план «Обслуживание и программирование технологических операций на ОЦ модели DMU 80P duoBLOCK с системой управления ЧПУ HAIDENHAIN 530»

№ п/п	Наименование разделов программы	Обязательная нагрузка обучающихся (час)		
		Всего	Лекции	Практические занятия
1	2	3	4	5
Теоретическое обучение				
1	Общие сведения о системе управления ЧПУ Heidenhain 530 Назначение, устройство, технические возможности и практическое применение ЧПУ Heidenhain 530 Терминология и основные понятия ЧПУ. Элементы языка программирования. Структура и содержание программы ЧПУ. Функции программирования: основные, вспомогательные.	2	2	0

Продолжение таблицы 26 – «Учебный план «Обслуживание и программирование технологических операций на ОЦ модели DMU 80P duoBLOCK с системой управления ЧПУ HAIDENHAIN 530»

1	2	3	4	5
2	Общее ознакомление с панелью управления Панель оператора. Функциональные клавиши. Стандартная клавиатура. Особенности панели управления Heidenhain. Элементы клавиатуры панели оператора. Панель управления станком. Режимы. Управление подачей. Управление перемещением. Управление вращением шпинделя. Управление программой. Сброс программы, программные клавиши. Отображение каналов. Аварийный останов.	5	2	3
3	Управление станком Область управления станком. Режимы переключения, режимы контроля. Режим Jog. Вертикальные, функциональные клавиши. Горизонтальные, функциональные клавиши. Переключение между координатами станка и координатами детали. Перемещение по осям. Размеры в приращениях. Ручное управление. Привязка инструмента. Подача. Режим MDA. Автоматический режим. Дисплей G функций.	5	2	3
4	Управление параметрами станка Параметры инструмента. Расчет параметров инструмента. Базовый дисплей параметров. Выбор инструмента. Поиск инструмента. Установка смещения инструмента. Удаление смещения инструмента. R параметры. Установка данных. Данные Jog. Данные шпинделя. Защищенные зоны. Смещение нуля.	10	2	8
5	Управление программой Типы файлов. Управляющий файл. Основной дисплей программы. Выбор заготовка\программа. Редактирование программы. Создание каталога обрабатываемых деталей. Создание программы детали или данных для обрабатываемой детали. Выбор обрабатываемой детали\программы для выполнения. Запуск, останов и прерывание программы. Корректировка программы. Поиск кадра. Условия поиска, редактор для файлов. Основные и вспомогательные функции.	6	2	4

Окончание таблицы 26 – «Учебный план «Обслуживание и программирование технологических операций на ОЦ модели DMU 80P duoBLOCK с системой управления ЧПУ HAIDENHAIN 530»»

1	2	3	4	5
6	Разработка управляющей программы Программирование движения инструмента. Программирование контура детали. Программирование обработки при помощи циклов. Разработка управляющей программы для обработки простых деталей. Разработка управляющей программы для обработки простой детали по чертежу. Проверка программы в 2-d симуляции.	16	4	12
Производственное обучение				
7	Практическое обучение. Наладка станка. Внедрение управляющей программы в покадровом режиме. Отработка практических навыков по программированию и управлению станком.	24	0	24
Итоговая аттестация				
8	Классификационный экзамен операторов фрезерных обрабатывающих центров с ЧПУ	4		
	ИТОГО	4		
	ВСЕГО ПО КУРСУ:	72		

В дальнейшем рассмотрим раздел 6 «Разработка управляющей программы». План изучения данной темы рассмотрен в таблице 27.

Таблица 27 – План изучения темы «Разработка управляющей программы»

№ п/п	Наименование тем раздела	Всего часов:	В том числе:	
			Теоретическое занятие	Практическое занятие
1	Программирование перемещения инструмента	2	2	0
2	Программирование контура детали. Программирование обработки при помощи циклов.	2	2	0
3	Разработка управляющей программы для обработки простых деталей.	6		6
4	Разработка управляющей программы для обработки простой детали по чертежу. Проверка программы в 2-d симуляции.	6		6
	ИТОГО:	16	4	12

Для дальнейшей разработки урока выбрана тема №1 «Программирование перемещения инструмента». На изучение данной темы отводится 1 занятие (2 академических часа).

5.4. Разработка занятия теоретического обучения

План –конспект занятия

Тема занятия: «Программирование перемещения инструмента»

Цель занятия: сформировать умения правильно составлять и внедрять управляющую программу.

Дидактические задачи:

- Сформировать у обучающихся знания о программировании перемещения инструмента, его подвод и отвод из зоны обработки.

Воспитательные задачи:

- воспитать бережное отношение к труду инструменту и оборудованию;
- привить творческое отношение к труду, проявлять к ней устойчивый интерес;
- привить ответственность за результаты своей работы.

Развивающие задачи:

- развить умения: анализировать рабочую ситуацию; осуществлять текущий контроль, оценку и корректировку собственной деятельности;
- содействовать развитию стремления к самостоятельному поиску знаний.

Ведущая технология: рассказ, беседа.

Тип занятия: занятие получения новых знаний и умений.

Вид занятия: лекция.

Методы обучения:

1. словесный;
2. объяснительно-иллюстративный;
3. репродуктивный, индуктивный.

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Оснащение: мультимедиа проектор, симулятор системы Heidenhain i530, слайды, таблицы, чертежи, схемы, мультимедийная техника, персональные компьютеры иллюстрационно – демонстрационный материал, нормативно-техническая литература.

В таблице 28 представлен план учебного занятия.

Таблица 28 – План учебного занятия

Этап учебного занятия	Время отводимое на этап
Организационный.	2
Подготовка к основному этапу занятия.	5
Изложение нового учебного материала	55
Закрепление полученного материала	25
Подведение итогов занятия	3
<i>Итого:</i>	<i>90 минут</i>

Продолжительность занятия – 90 минут.

В таблице 29 рассмотрены функции педагога и обучаемых в учебном процессе.

Таблица 29 – Ход учебного занятия

Этап	Деятельность педагога	Деятельность обучающихся	Методы и средства
Организационный	Приветствует обучающихся, отмечает отсутствующих	Приветствуют преподавателя	Словесный метод обучения;
Подготовка к основному этапу занятия.	Объявляет тему, цель, задачи урока. Объясняет значимость данной темы в профессиональной деятельности.	Записывают тему, знакомятся с планом занятия.	Словесный метод обучения, объяснительно–иллюстративный метод.
Изложение нового учебного материала	Ведется рассказ нового материала на тему «Программирование перемещения инструмента», в процессе беседа с ними.	Слушают преподавателя, задают вопросы, беседуют с преподавателем.	Методы обучения: словесный, объяснительно-иллюстративный
Закрепление полученного материала	Проводит тестирование	Отвечают на вопросы тестового задания.	Репродуктивный метод обучения.
Подведение итогов занятия.	Дает анализ урока, успешности достижения цели урока.	Слушают. Выказывают свое мнение.	Словесный метод обучения

1. Организационная часть

Здравствуйте уважаемые операторы. Сегодня мы начнем изучать очень важную тему, связанную с созданием управляющих программ «Программирование перемещения инструмента». (Слайды 1-2)

На занятиях мы с вами рассмотрим:

1. Программирование движения инструмента;
2. Подвод и покидание контура.

Прошу сегодня проявить особое внимание к изучаемому материалу.

2. Подготовка к основному этапу занятия.

Системы ЧПУ фирмы HEIDENHAIN — это простые и доступные в освоении системы управления, ориентированы на программирование механической обработки в диалоге открытым текстом.

На сегодняшний день операторы – наладчики должны уметь писать и разрабатывать управляющие программы на высоком уровне. В системах ЧПУ «Heidenhain» содержится набор стандартных циклов, ускоряющий и автоматизирующий процесс разработки управляющих программ. Но помимо программирования с помощью циклов, существует контурное программирование. Сегодня мы рассмотрим, как программируется движение инструмента при программировании контура. (Слайд 3)

3. Изложение нового учебного материала

Движения инструмента (Слайд 4)

Функции траектории

Контур заготовки обычно состоит из комбинации таких элементов как прямые и дуги окружностей. С помощью функций траектории существует возможность программирования движения инструмента прямых и дуг окружностей.

Для программирования элемента контура необходимы следующие данные: форма траектории, начальная точка, конечная точка, радиус (если есть дуга окружности).

									Лист
									83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Если нет соответствующего для УЧПУ чертежа или данные о размерах для ЧПУ-программы некомплектные, то можно использовать функцию «Свободное программирование контура». В этом случае УЧПУ рассчитывает отсутствующие данные. С помощью СК-программирования программируется движения инструмента для прямых и дуг окружности.

Основы к функциям траектории

Алгоритм программирования движения инструмента (*Слайд 5*):

- Ввод данных о инструменте, величине коррекции на радиус инструмента;
- Программирование функций траектории для отдельных элементов контура заготовки. Для этого вводятся координаты для конечных точек элементов контура из размерного чертежа;
- На основании этих данных, данных инструмента и величины коррекции радиуса инструмента УЧПУ рассчитывает действительную путь перемещения инструмента;
- УЧПУ перемещает все запрограммированные в программном предложении функции траектории одновременно.

В зависимости от количества программируемых координат выделяют различные виды движений, представленные ниже. (*Слайд 6*)

Движения параллельно к направляющим. В том случае, когда предложение программы содержит только одну координату, УЧПУ перемещает инструмент параллельно программированной оси станка. В зависимости от конструкции станка движение передается инструменту или столу машины с закрепленные при этом инструментом. Но при программировании движения по траектории необходимо придерживаться такого утверждения, что перемещается инструмент. Пример представлен на слайде. (*Слайд 7*)

Движения на главных плоскостях. Если предложение программы содержит две координатные данные: УЧПУ перемещает инструмент по программированной плоскости. То есть при неизменном значении одной из

										Лист
										84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

координат, инструмент перемещается по двум другим координатам. Пример представлен на слайде. *(Слайд 8)*

Трёхмерное движение. Когда предложение программы содержит три координатные данные: УЧПУ перемещает инструмент пространственно на запрограммированную позицию. Пример представлен на слайде. *(Слайд 9)*

Вводе более трех координат. УЧПУ может управлять одновременно до 5 осями. При 5-осевой обработке сочетается прямолинейное и вращательное движение.

Например, 3 линейные и 2 оси вращения одновременно. Программа обработки для такой обработки поставляется обычно системой САПР и не может составляться на станке. Пример представлен на слайде. *(Слайд 10)*

Окружности и дуги окружности

В случае круговых движений УЧПУ перемещает оси станка одновременно: Инструмент перемещается относительно к заготовке по круговой траектории. Для круговых движений можете ввести центр окружности CC . C помощью функций траектории для дуг окружности программируются на главных плоскостях: Главную плоскость следует определять при вызове инструмента TOOL CALL с установлением оси шпинделя (таблица 30).

Таблица 30 – «Определение главной плоскости»

Ось шпинделя	Главная плоскость
Z	XY, также UV, XV, UY
Y	ZX, также WU, ZU, WX
X	YZ, также VW, YW, VZ

Пример представлен на слайде. *(Слайд 11)*

Направление вращения DR при круговых движениях

Для круговых движений без тангенциального перехода к другим элементам контура необходимо указывать направление вращения DR: при

вращении по часовой стрелке «DR–», при вращении против часовой стрелки - «DR+». Пример представлен на слайде. *(Слайд 11)*

Коррекция радиуса

Коррекция радиуса должна стоять в том предложении, с которым наезжаете первый элемент контура. Коррекция радиуса не может начинаться в предложении для круговой траектории. Программируйте его раньше в предложении прямых или в предложении подвода.

Предпозиционирование

Надо так предпозиционировать инструмент в начале программы обработки, чтобы исключить повреждение инструмента и заготовки. Запись предложения программы производится с помощью клавиш функций траектории. Серые клавиши траектории открывают диалог открытым текстом.

Создание программных кадров при помощи клавиш функций траектории

Для программирования обработки можно использовать серые клавиши функций траектории для открытия диалога. УЧПУ запрашивает всю необходимую информацию и вставляет программные кадры в программу детали.

Пример программирования прямой. (Слайд 12)



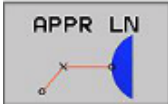
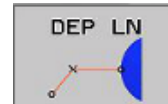
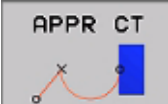



- Откройте диалог программирования «Прямая»;
- Введите координаты конечной точки;
- Выберите радиуса корректора;
- Введите подачу и подтвердите клавишей ENT;
- Переместить на ускоренном ходу;
- Нажать Softkey FMAX или переместить с автоматически рассчитанной подачей (таблица данных режимов резания): нажать Softkey FAUTO.

Подвод и отвод от контура

									Лист
									86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

При программировании ввода и вывода инструмента из зоны обработки необходимо активировать функции APPR (англ. approach = подъезд) и DEP (англ. departure = отъезд) активируются с помощью клавиши APPR/DEP. Эти функции позволяют выбирать траектории через Softkeys (таблица 31). (Слайд 13)

Таблица 31 – Траектории подвода и отвода инструмента

Функции программируемой клавиши	Подвод	Отвод
1	2	3
Прямая с тангенциальным примыканием		
Прямая перпендикулярно к точке контура		
Круговая траектория с тангенциальным примыканием		
Круговая траектория с тангенциальным примыканием к контуру, подвод и отвод к вспомогательной точке вне контура на тангенциально примыкающим участке прямой		

В таблице 32 представлено краткое обозначение функций траекторий.

Таблица 32 – Обозначение функций траектории

Короткое обозначение	Значение
APPR	англ. APPRoach = подъезд
DEP	англ. DEParture = отъезд
L	англ. Line = прямая
C	англ. Circle = круг, окружность
T	Тангенциально (постоянный, плавный переход)
N	Нормаль (перпендикулярно)

Подвод и отвод по винтовой линии. При наезде и покидании винтовой линии (Helix) инструмент перемещается на продолжении винтовой линии и

примыкает таким образом по тангенциальной круговой траектории к контуру. Используйте для этого функцию APPR CT или DEP CT.

Опорные точки при программировании подвода и отвода
(Слайд 14)

Точка старта P_S . Эту позицию программируют прямо перед APPR предложением. « P_S » лежит вне контура и наезжается без коррекции радиуса (R_0).

Вспомогательная точка P_H . Наезд и отъезд ведёт в случае некоторых форм траектории через вспомогательную точку « P_H », рассчитываемую УЧПУ из данных в APPR- и DEP-предложениях.

Первая точка контура P_A и последняя точка контура P_E . Первая точка контура « P_A » программируется в APPR предложении, последнюю точку контура « P_E » - с помощью любой функции траектории. Если APPR-предложение содержит также Z-координату, то УЧПУ перемещает сначала инструмент на плоскости обработки на « P_H » и там по оси инструмента на заданную глубину.

Конечная точка P_N . Позиция « P_N » лежит вне контура и возникает из данных в DEP предложении. Если DEP-предложение содержит также Z-координату, УЧПУ перемещает инструмент сначала на плоскости обработки на « P_H » и там по оси инструмента на заданную высоту.

Координаты в управляющей программе можно вводить как в абсолютных, так и в инкрементных значениях, как прямоугольные, так и полярные.

При позиционировании от фактической позиции к вспомогательной точке « P_H » УЧПУ не проверяет возможности появления повреждений на программированном контуре. Это можно проверить с помощью контрольной графики (тест)!

Пространство между начальной точкой « P_S » и первой точкой контура « P_A » должно при наезде иметь достаточную величину, чтобы достичь программированной подачи обработки. От фактической позиции к

										Лист
										88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- Выбрать любую функцию траектории: задать точку старта P_S ;
- Открыть диалог с помощью клавиши APPR/DEP и Softkey APPR LN;
- Ввести координаты первой точки контура P_A ;
- Расстояние вспомогательной точки P_H LEN вводить только с положительным значением;

- Задать коррекцию радиуса RR/RL для обработки.

Пример представлен на слайде 18.

Подвод к контуру по круговой траектории с тангенциальным примыканием APPR CT. УЧПУ перемещает инструмент по прямой от точки старта P_S к вспомогательной точке P_H . Оттуда перемещает его по круговой траектории, переходящей тангенциально в первый элемент контура, к первой точке контура P_A . Круговая траектория от P_H к P_A установлена на основании радиуса R и угла центра CCA . Направление круговой траектории возникает из протекания первого элемента контура. **(Слайд 19)**

Алгоритм программирования:

- Выбрать любую функцию траектории: задать точку старта P_S ;
- Открыть диалог с помощью клавиши APPR/DEP и Softkey APPR CT;
- Ввести координаты первой точки контура P_A ;
- Радиус R круговой траектории:
 - Наезд заготовки со стороны, определённой коррекцией радиуса: R ввести с положительным значением,
 - Наезд заготовки со стороны: R ввести с отрицательным значением;
- Угол центра CCA круговой траектории:
 - CCA ввести только с положительным значением,
 - Максимальное значение ввода 360° ;
- Задать коррекцию радиуса RR/RL для обработки.

Пример представлен на слайде 20.

Подвод по круговой траектории с тангенциальным примыканием к контуру и отрезку прямой: APPR LCT. УЧПУ перемещает инструмент по

										Лист
										90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

P_E . P_N лежит от P_E на расстоянии $LEN +$ радиус инструмента.

(Слайд 25)

Алгоритм программирования:

- Программировать последний элемент контура с конечной точкой P_E и коррекцией радиуса;
- Открыть диалог с помощью клавиши APPR/DEP и Softkey APPR LN;
- LEN: ввести расстояние конечной точки P_N . LEN вводить с положительным значением.

Пример представлен на слайде 26.

Отвод от контура по круговой траектории с тангенциальным примыканием DEP CT. УЧПУ перемещает инструмент по круговой траектории от последней точки контура P_E к конечной точке P_N . Круговая траектория примыкает тангенциально к последнему элементу контура.

(Слайд 27)

Алгоритм программирования:

- Программировать последний элемент контура с конечной точкой P_E и коррекцией радиуса;
- Открыть диалог с помощью клавиши APPR/DEP и Softkey APPR CT;
- Задать угол центра CCA круговой траектории;
- Радиус R круговой траектории;
- Инструмент должен с той стороны покинуть заготовку, которая установлена коррекцией радиуса: R ввести положительно.

Пример представлен на слайде 28.

Отвод по круговой траектории с тангенциальным примыканием к контуру и по отрезку прямой: DEP LCT. УЧПУ перемещает инструмент по круговой траектории от последней точки контура P_E к вспомогательной точке P_H . Оттуда перемещает его по прямой к конечной точке P_N . Последний элемент контура и прямая от $P_H - P_N$ имеют тангенциальные переходы с круговой траекторией. Таким образом круговая траектория однозначно определена через радиус R. **(Слайд 29)**

									Лист
									92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Алгоритм программирования:

- Программировать последний элемент контура с конечной точкой PE и коррекцией радиуса;
- Открыть диалог с помощью клавиши APPR/DEP и Softkey APPR LCT;
- Радиус R круговой траектории: R ввести положительно R ввести положительно.

Пример представлен на слайде 30.

Таким образом, мы рассмотрели программирование движения инструмента в системе ЧПУ Heidenhein, а теперь перейдем к закреплению этих знаний.

4. Закрепление полученного материала

После изучения новой темы занятия, обучающиеся выполняют тестовое задание в системе «Айрен» для закрепления нового материала. Выполнение теста рассчитано на 25 минут, по завершению которого каждый обучающийся может посмотреть свои результаты выполнения задания и выявить вопросы, в которых допущены ошибки.

Тестовое задание представлено на дисковом носителе.

5. Подведение итогов занятия

Преподаватель делает заключение и выводы по проведенному уроку и диктует домашнее задание по самостоятельному изучению более подробно о подсистемах ЧПУ.

5.3. Заключение по результатам выполнения методической части

В методической части выпускной квалификационной работы был проведен анализ Профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», анализ программы курса повышения квалификации по профессии оператор станков с программным управлением 3 разряда, разработана методика проведения урока теоретического обучения по теме «Программирование перемещения инструмента»,

										Лист
										93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

разработаны средства обучения в виде слайдов, средства контроля в виде тестового задания (разработанного в системе «Айрен») в Приложении Г.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был разработан технологический процесс механической обработки детали «Корпус червячного редуктора» в условиях среднесерийного производства.

Разработанный технологический процесс обеспечивает экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование новейшего прогрессивного оборудования, применение специальных приспособлений.

При разработке проекта были учтены: особенности и свойства обрабатываемого материала, точность размеров, шероховатость поверхностей, действующие стандарты и нормативы.

Основной характеристикой технологического процесса является:

- Среднесерийный тип производства;
- Используемая заготовка из стали 35ХГСЛ.

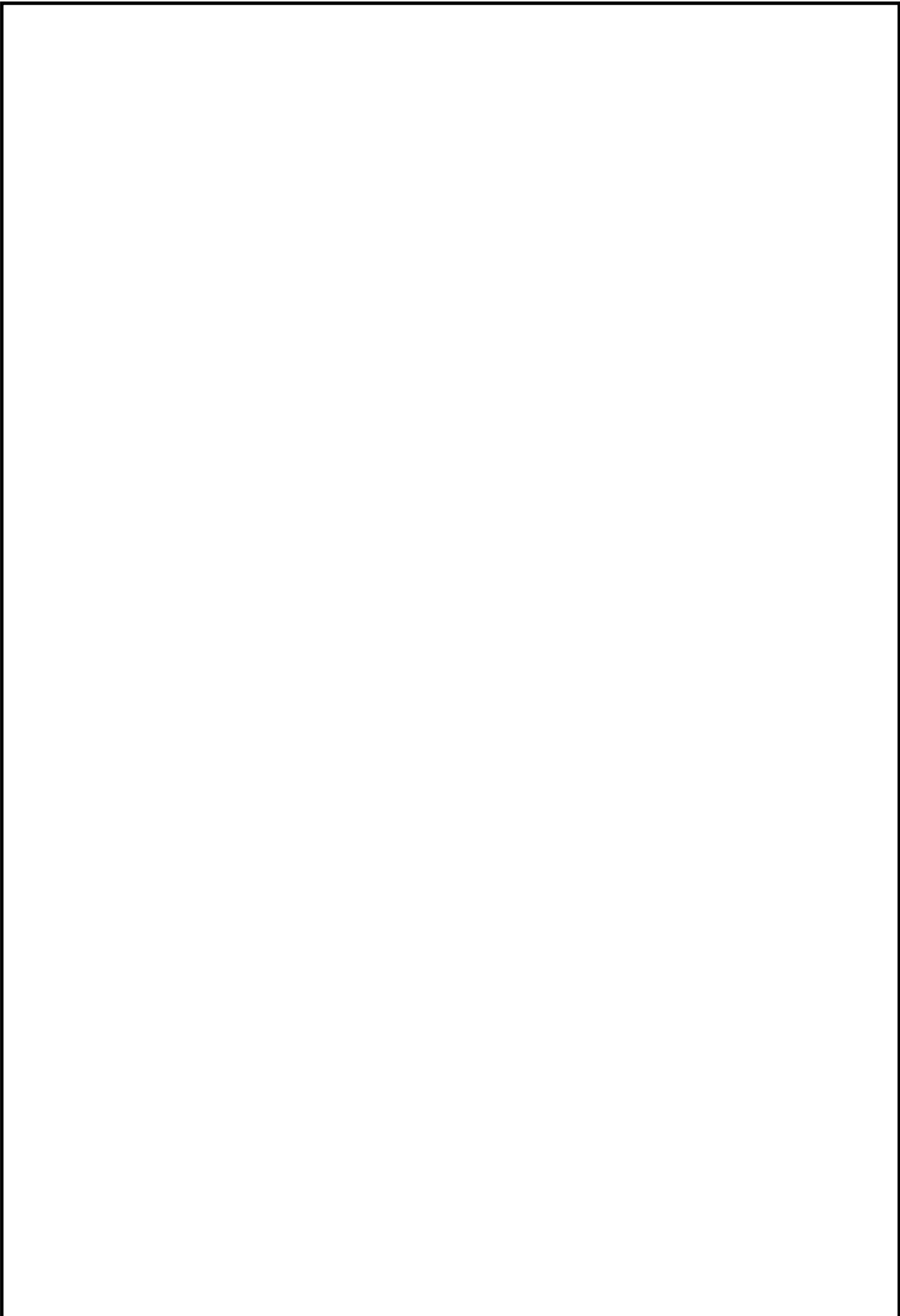
В экономической части разрабатываемого проекта был выполнен расчет себестоимости детали.

Так как разработанный техпроцесс подразумевает применение современного оборудования с ЧПУ в методической части проведен анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Результатом выполнения методической части является разработка занятия теоретического обучения по теме «Программирование перемещения инструмента». Данная разработка предназначена для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» 3-го разряда в образовательной организации «Региональный межотраслевой центр ДПО ПАО МЗиК».

В экономической части был выполнен расчет себестоимости изготовления детали в производственных условиях предприятия АО «ОКБ «Новатор».

										Лист
										95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2012. - 138 с. (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/5390/#1>)

9. Козлова, Т.А. Практикум по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие / Т.А.Козлова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 52 с.;

10. Кругликов, Г. И. Методическая работа мастера профессионального обучения [Текст]: учебно-методическое пособие / Г. И. Кругликов. - 3-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2014. - 153 с.;

11. Курзаева, Л. В. Управление качеством образования и современные средства оценивания результатов обучения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. В. Курзаева, И. Г. Овчинникова. - 2-е изд., стер. – М.: Изд. «Флинта», 2015. - 99 с. (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/70446>);

12. Лабораторные и практические работы по технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / [В. Ф. Безъязычный и др.]; под общ. ред. В. Ф. Безъязычного. - Электрон. текстовые дан. - Москва: Машиностроение, 2013. - 599 с. – (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/67517>);

13. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Электронный ресурс]: учеб для вузов [Гриф УМО] / А.А. Маталин. – М.: Лань, 2016. – 512 с. – (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/71755/#1>);

14. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства [Текст]: В 2 т. / С.П. Митрофанов – Ленинград: Машиностроение, 1983. – 407 с.;

15. Михайлов, А.В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств [Текст]: учебник для вузов по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" [Гриф УМО] / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2014. - 335 с.;

										Лист
										98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

16. Мухаринский, Е.И. Основы технологии машиностроения [Текст]: учеб. для вузов / Е.И. Мухаринский, Е.И., В.А. Горохов. – Минск: Вышэйш. шк., 1997. – 432 с.;

17. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов [Текст]: учеб. пособие [Гриф Московского государственного технологического университета "Станкин"]. В 2 ч. Ч. 1 / В. А. Горохов [и др.]; под ред. В. А. Горохова. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2013. - 495 с.;

18. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов [Текст]: учеб. пособие [Гриф Московского государственного технологического университета "Станкин"]. В 2 ч. Ч. 2 / В. А. Горохов [и др.]; под ред. В. А. Горохова. - Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2013. - 575 с.;

19. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Д.В. Кожевников [и др.]; под общ. ред. С.В. Кирсанова. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2014. - 520 с. (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/63256/page2>);

20. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: В 2 т. Т.1 /под ред. А.Г. Косиловой, Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656с.;

21. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: В 2 т. Т.2 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496с.;

22. Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд. / В. Г. Сорокин и др.; Науч. С77 В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев – М.: «Интернет Инжиниринг». 2001. – 640 с.;

23. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов [Электронный ресурс]: учеб. для вузов [Гриф УМО] / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – М.: Лань, 2016. – 352 с. – (Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/71767/#2>);

										Лист
										99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

24. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт.-сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2006. 66 с.;

25. Технология машиностроения (специальная часть) [Текст]: Учеб. для вузов. / А. А. Гусев, Е.Р. Ковальчук и др. – М.: Машиностроение, 1976. – 480 с.;

26. Технология машиностроения [Текст]: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 278 с.;

27. Технология машиностроения [Текст]: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: учеб. пособие для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 296 с.;

28. Технология машиностроения. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / [А. В. Коломейченко и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 266 с. (Учебники для вузов. Специальная литература): - (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/67470>);

29. Электронный каталог Iscar [Электронный ресурс]: URL: <http://www.iscar.ru/Products.aspx/countryid/33/ProductId/5435> (Дата обращения: 25.05.2018);

30. Электронный каталог Sandvik Coromant [Электронный ресурс]: URL: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/tools.aspx> (Дата обращения: 25.05.2018);

31. Эрганова, Н. Е. Практикум по методике профессионального обучения [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н. Е. Эрганова, М. Г. Шалунова, Л. В. Колясникова. - 2-е изд., пересмотр. и доп. - Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2011. - 88 с.

										Лист
										100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Перечень листов графических документов

№ п/п	Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Количество
1	«Корпус червячного редуктора»	ДП 44.03.04.126.01	A1	1
2	«Корпус червячного редуктора» Отливка	ДП 44.03.04.126.02	A1	1
3	Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.126. Д01	A1	1
4	Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.126. Д02	A1	1
5	Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.126. Д03	A1	1
6	Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.126. Д04	A1	1
7	Управляющая программа на операцию 010 (фрагмент)	ДП 44.03.04.126. Д05	A1	1
8	Технико – экономические показатели проекта	ДП 44.03.04.126. Д06	A1	1

					ДП 44.03.04.126. ПЗ				Лист
									101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Комплект технологической документации

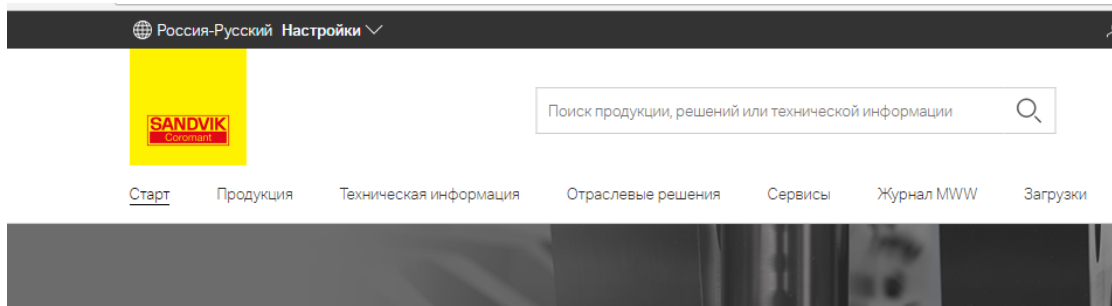
В данном приложении содержится комплект технологической документации обработки детали «Корпус червячного редуктора».

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

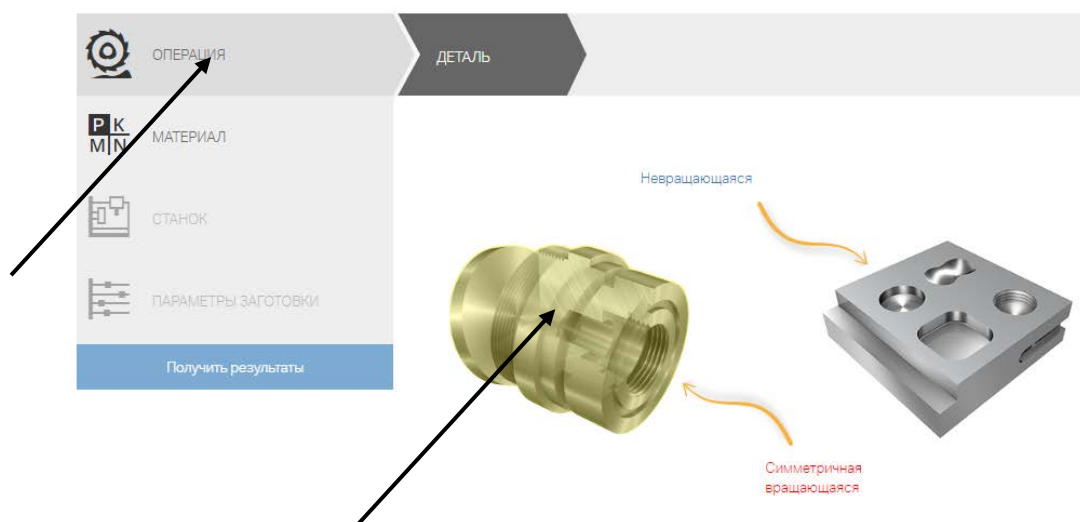
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Алгоритм выбора режущего инструмента

Рассмотрим алгоритм выбора режущего инструмента компании SANDVIK – Coromant на примере резца A25T SDUCR11 – HP-R.

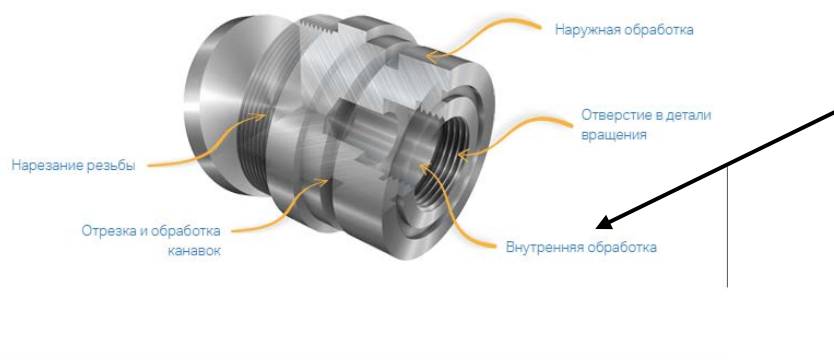
1) Выполнить вход на сайт производителя



2) Выбрать вкладку операция и определить к какому классу относится деталь



3) Выбрать вид обработки



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.126. ПЗ

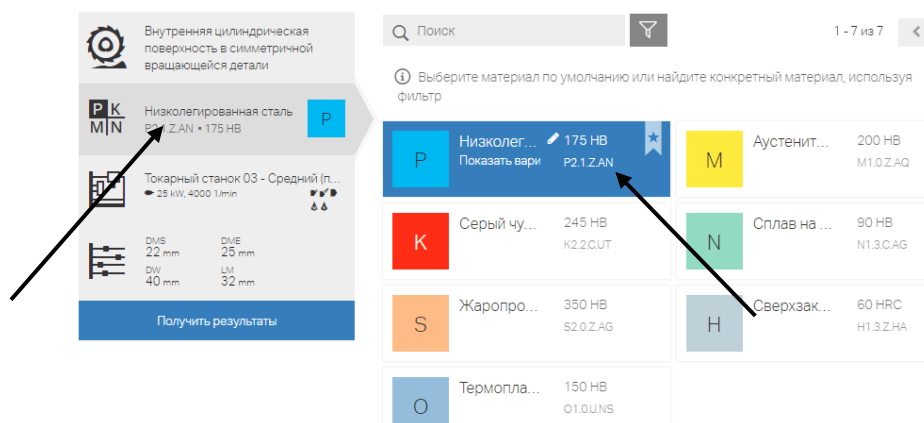
Лист

103

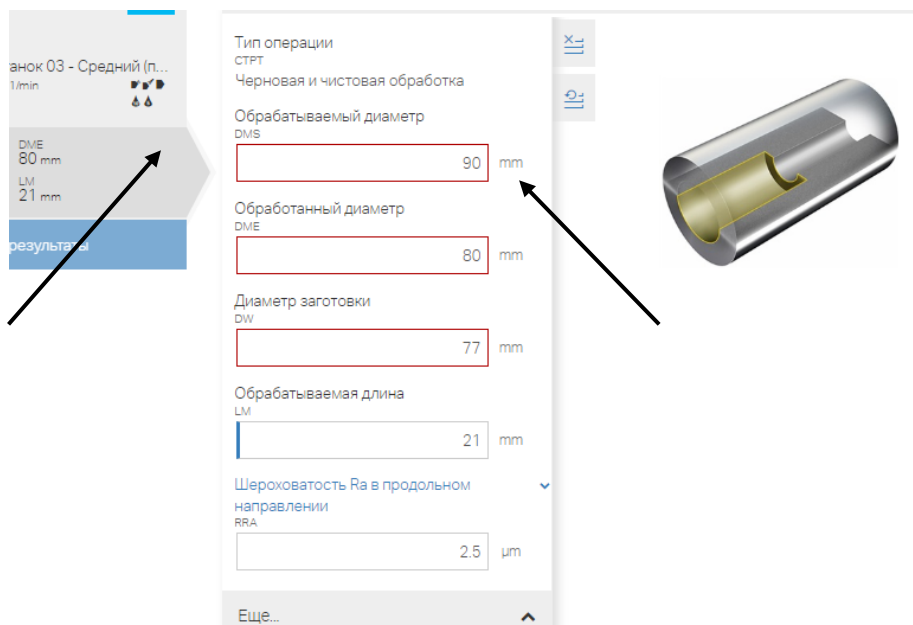
4) Определить вид обрабатываемой поверхности



5) На вкладке материал необходимо выбрать материал заготовки

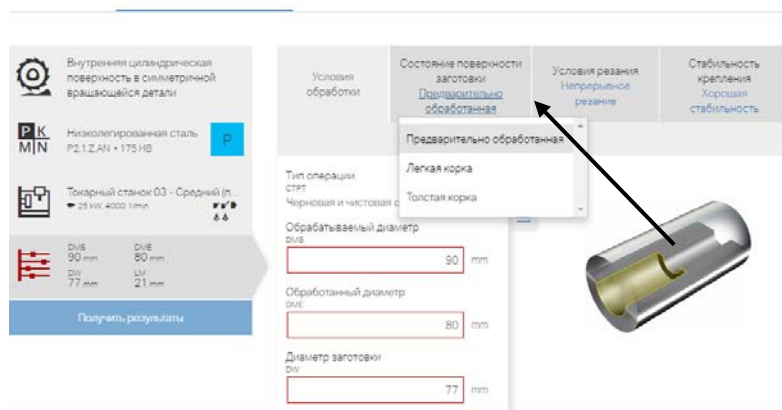


6) Выбрать вкладку заготовка и заполнить все необходимые параметры заготовки

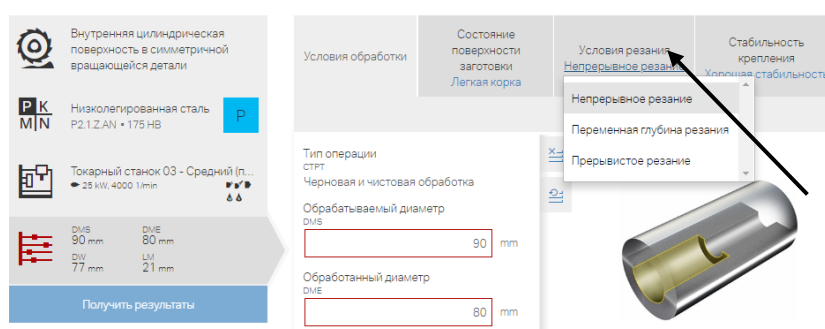


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

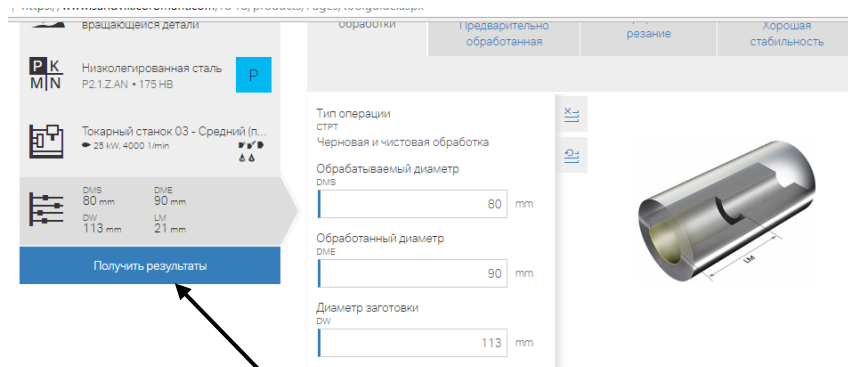
7) Выбрать состояние поверхностного слоя детали



8) Выбрать условия резания



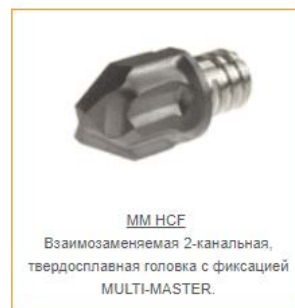
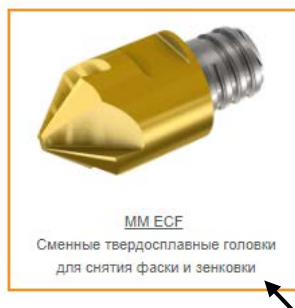
9) Нажать на вкладку «Показать результат»



10) Из предложенного списка выберите необходимый инструмент.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



4) Из появившейся таблицы выбираются параметры инструмента

MM ECF120-05 / 200-6T12	30,0	20,00	6	5,00	4,30	T12	18,45	25,50
MM ECF120-06 / 250-6T15	30,0	25,00	6	6,00	5,40	T15	25,00	25,00
MM ECF45-100-4T06	45,0	10,00	4	1,95	4,00	T06	10,00	13,00
MM ECF45-120-4T08	45,0	12,00	4	1,95	5,00	T08	12,00	16,50
MM ECF45-150-4T08	45,0	12,70	4	1,95	5,00	T08	12,70	16,50
MM ECF45-160-6T10	45,0	16,00	6	3,00	6,50	T10	16,00	20,50
MM ECF45-200-6T12	45,0	20,00	6	5,00	7,50	T12	18,45	25,50
MM ECF45-250-6T15-M	45,0	25,00	6	5,00	10,00	T15	25,00	25,00
MM ECF60-100-4T06	60,0	10,00	4	1,60	7,30	T06	10,00	13,00
MM ECF60-02 / 100-4T06	60,0	10,00	4	2,00	6,90	T06	10,00	13,00
MM ECF60-03 / 120-4T08	60,0	12,00	4	3,00	7,80	T08	12,00	16,50
MM ECF60-04 / 160-6T10	60,0	16,00	6	4,00	10,00	T10	16,00	20,50
MM ECF60-05 / 200-6T12	60,0	20,00	6	5,00	13,00	T12	18,45	25,50
MM ECF60-08 / 250-6T15	60,0	25,00	6	8,00	14,00	T15	25,00	25,00

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.126. ПЗ

Лист

107

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Методическая разработка

В данном приложении представлен план – конспект урока в виде презентации и разработка теста в системе «Айрен».

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Управляющая программа

В данном разделе представлена управляющая программа на операцию 010 Комплексная с ЧПУ на токарный станок с ЧПУ DMU CTX beta с применением системы числового программного управления SINUMERIK 840D.

N01 WWP

N02 T1 D1

N03 G18 G54 G0 G90

N04 G96 S245 LIMS = 2000 M4 M8

N05 f 0,65

N06 G0 X57 Z0

N07 G1 X38 Z0

N08 M9

N09 WWP

N10 T2 D2

N11 G18 G54 G0 G90

N12 G96 S275 LIMS = 2000 M4 M8

N13 f 0,36

N14 G0 X-40 Z0,5

N15 CYCLE95 CYCLE95("contur",3,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)

N16 M9

N17 WWP

N18 T3 D1

N19 G18 G54 G0 G90

N20 G96 S258 LIMS = 2000 M4 M8

N21 f 0,18

N22 G0 X-39 Z0,5

N23 G0 X-39 Z-104

N24 CYCLE951("contur1",2,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

N25 M9
 N26 WWP
 N27 T4 D1
 N28 G18 G54 G0 G90
 N29 G96 S118 LIMS = 2000 M4 M8
 N30 f 0,13
 N31 G0 X-39 Z0,5
 N32 G0 X-39 -50
 N33 CYCLE95("contur2",0,0,0,2,2,2,2,0.2,1,1,1,30,0.1,0,0.2,0.2,2,1)
 N34 M9
 N35 WWP
 N36 T5 D1
 N37 G18 G54 G0 G90
 N38 G96 S315 LIMS = 2000 M4 M8
 N39 f 0,23
 N40 G0 X57 Z0
 N41 G1 X47 Z0
 N42 M9
 N43 WWP
 N44 M5
 N45 T6 D2
 N46 G18 G55 G0 G90
 N47 G96 S251 LIMS = 2000 M4 M8
 N48 f 0,46
 N49 CYCLE95("contur3",2,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)
 N50 M9
 N51 WWP
 N52 T7 D1
 N53 G18 G55 G0 G90

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

N54 G96 S110 LIMS = 2000 M4 M8

N55 f 0,08

N56 CYCLE93(130, -82,1.3,1.3,5,0,0,0,2,2,2,2,0.2,3,1,2,1.3,0.1,0,0.2,0.2,2,1)

N57 M9

N58 WWP

N59 T8 D1

N60 G18 G55 G0 G90

N61 G96 S316 LIMS = 2000 M4 M8

N62 f 0,3

N63 CYCLE95 ("contur4",1,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)

N64 M9

N65 WWP

N66 T9 D1

N67 G18 G55 G0 G90

N68 G96 S366 LIMS = 2000 M4 M8

N69 f 0,18

N70 CYCLE95 ("contur5",1,0.5,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.1,0,2,1)

N71 M9

N72 WWP

N73 T10 D1

N74 G18 G54 G0 G90

N75 G96 S162 LIMS = 2000 M4 M8

N76 f 0,09

N77 CYCLE93 (112,-65,4,4,1.8,,0,0,0,2,2,2,2,0.2,3,1,,2,7,0.1,0,0.2,0.2,2,1)

N78 M9

N79 WWP

N80 M5

N81 M30

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Схема измерения детали «Корпус червячного редуктора»

В данном приложении представлена схема измерения детали с помощью сенсорных датчиков HEIDENHAIN TS 249.

					ДП 44.03.04.126. ПЗ	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		